



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**JARI HASSINEN**

**TIETOMALLINTAMINEN RAKENNESUUNNITTELUSSA**

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen  
ja tohtorikoulutettava Toni Teittinen  
Tarkastajat ja aihe hyväksytty tiede-  
kuntaneuvoston kokouksessa  
3.2.2016

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

**HASSINEN JARI:** Tietomallintaminen rakennesuunnittelussa

Diplomityö, 42 sivua , 5 liitesivua

Helmikuu 2016

Pääaine: Rakennesuunnittelu

Työn tarkastaja: professori Kalle Kähkönen Tampereen Teknillinen Yliopisto

tohtorikoulutettava Toni Teittinen Tampereen Teknillinen Yliopisto

Ohjaaja: DI Jani Lipsanen Insinööritoimisto Jonecon Oy

Avainsanat: Tietomallintaminen, BIM, rakennesuunnittelu

Tietomallintamisen oletetaan mullistavan rakennusalaan tarjoamalla eri osapuolien käyttöön uutta tieto- ja viestintäteknikka. Tämä tutkimus käsittelee tietomallintamisen hyötyjä ja haasteita rakennesuunnittelijan näkökulmasta. Työ on jaettu kolmeen osaan, joista kahdessa ensimmäisessä keskitytään kirjallisuudessa esitettyihin faktoihin tietomallintamisesta.

Ensimmäisessä osassa määritellään tietomalli ja vaatimukset sen rakentamiseen käytettävälle ohjelmistolle. Tietomallin tulee täyttää tiettyjä perusvaatimuksia, kuten geometrian muokkaaminen parametrien avulla. Lisäksi tietomallin rakennusosille tulee voida tallentaa attribuuttitietoa, kuten mistä materiaalista kappale on tehty ja mitä muita osia liittyy kappaleeseen. Lisäksi työn ensimmäisessä osassa käsitellään tietomallintamisen hyödyntämistä ja siihen liittyviä haasteita. Tietomallintamista tarkastellaan tässä osassa koko suunnitteluryhmän näkökulmasta.

Rakennesuunnittelun tietomallintamiseen perehdytään työn toisessa osuudessa. Aluksi tarkastellaan tietomallintamisen periaatteita yleisellä tasolla. Tietomallintamiseen liittyviä vaatimuksia esitetään rakennusosalalla käytettävässä ohjesarjassa Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Ohjeistuksessa määritellään vähimmäisvaatimukset hankkeiden tietomallintamiselle ja esitetään toimintaperiaatteita suunnitteluryhmän toiminnalle. Tästä syystä ohjesarjaa käsitellään tässä työssä omana kokonaisuutenaan, johon on kerätty rakennesuunnittelijan työskentelyyn liittyviä näkökohtia. Esimerkiksi reikä- ja varaussuunnitteluprosessia on ohjeistettu Yleisissä tietomallivaatimuksissa tarjoamalla vaihtoehtoisia toimintamalleja. Rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijoiden välinen tehtävienjako suunnitteluprosessissa riippuu hankkeessa käytettävästä vaihtoehdosta.

Työn kolmannessa ja neljännessä osuudessa esitetään tutkijan kokemuksia tietomallintamisesta. Kokemukset pohjautuvat työntekijän mallintamaan pilottikohteeseen, Tesoman palloiluhalli. Esimerkkikohde mallinnettiin Tekla Structures-tietomallinnusohjelmalla urakkalaskentavaiheeseen syksyn 2014 ja kevään 2015 välisenä aikana. Hankkeen reikä- ja varaussuunnittelu toteutettiin onnistuneesti Yleisten tietomallivaatimusten 2012 mukaisesti. Tietomallintamista hyödynnettiin kohteessa lisäksi muun muassa suunnitelmien yhteensovittamiseen, alustavaan määrä- ja kustannuslaskentaan sekä rakenteiden lujuuslaskentaan.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

**HASSINEN JARI:** Building Information Modeling at Structural Engineering

Master of Science Thesis, 42 pages, 5 Appendix pages

February 2016

Major: Structural Engineering

Examiner: Professor Kalle Kähkönen Tampere University of Technology

Doctoral Student Toni Teittinen Tampere University of Technology

Adviser: M.Sc. Jani Lipsanen Insinööritoimisto Jonecon Oy

Keywords: Building information modeling, BIM, structural engineering

Building information modelling (BIM) will revolutionize the construction industry by providing new information and communication technologies for parties. This study deals with benefits and challenges that may occur while using BIM in the structural designer's perspective. The work is divided into three parts. The first two of them will focus on the well known facts in the literature about BIM.

Building information model and the requirements for BIM model generating systems are defined in the first part. There are few basic qualifications for BIM such as parametric geometry modification of objects. Furthermore ability to add attribute data such as material and associated components. BIM utilisation benefits and challenges are also dealt with in the first part in the perspective of whole project team.

Structural engineers perspective to BIM is dealt with in the second part. At first principles of using BIM are concerned in general state. National demands on using BIM are presented in Common BIM Requirements 2012. In those guidelines are defined the Minimum requirements for BIM and instructions for design team are presented in those guidelines. For this reason Common BIM Requirements 2012 are collected under its own heading and aspects of BIM at structural engineering are collected there. For example void provision, the preparation of void drawings and responsibilities of these procedures are guided in instructions. Operating methods between Structural design and MEP design must be agreed in the project.

The research worker's practical experiences of BIM are presented in the third and the fourth part. The experiences rely on the example project modelled by the researcher. Tesoma sport centre was modelled into the tender design phase between fall 2014 and spring 2015. Void provisions and void drawings were successfully succeeded according to Common BIM Requirements 2012. BIM was utilised in coordination of designs, quantity take-off and structural strength analysis.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Insinööritoimisto Jonecon Oy:lle. Työn tavoitteena oli perehtyä tietomallintamisen hyötyihin ja haasteisiin rakennesuunnittelijan näkökulmasta.

Haluan kiittää diplomityöpaikan tarjonneen yrityksen koko henkilökuntaa saamastani tuesta. Kiitos toimitusjohtaja Jouni Koskiselle ja osastopäällikkö Jani Lipsaselle diplomityömahdollisuudesta sekä aiheen ideoinnista. Kiitokset case-kohteen vastaavalla rakennesuunnittelijalle Jari Karhelle.

Tampereen teknillisestä yliopistosta haluan kiittää työn tarkastanutta professoria Kalle Kähköstä sekä tohtorikoulutettava Toni Teittistä.

Lisäksi haluan esittää kiitokset perheelleni ja ystävilleni, jotka ovat jaksaneet patistaa minua eteenpäin diplomityössäni. Ennen kaikkea haluan osoittaa kiitoksen rakkaalle vaimolleni Niinalle, jonka kärsivällisyys ja neuvot ovat mahdollistaneet tämän työn valmistumisen. Kiitos.

Tampereella 7.2.2016

Jari Hassinen

## SISÄLLYS

Tiivistelmä .....	i
Abstract .....	ii
Alkusanat .....	iii
1 Johdanto .....	1
1.1 Tutkimuksen tausta .....	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset .....	1
1.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne .....	1
2 Tietomallintaminen rakennusallalla .....	3
2.1 Mikä on tietomalli? .....	3
2.2 Erilaiset tietomallit .....	5
2.3 Tietomallien hyödyntäminen .....	6
2.3.1 Tietomallintamisen hyödyt tilaajalle ja omistajalle .....	9
2.3.2 Tietomallintamisen hyödyt suunnittelijoille .....	10
2.3.3 Tietomallintamisen haasteita .....	11
3 Tietomallintaminen rakennesuunnittelussa .....	13
3.1 Tietomallintamisen periaatteet .....	13
3.1.1 Mallinna vain se, minkä olet suunnitellut .....	13
3.1.2 Työkalujen käyttö .....	13
3.1.3 Tiedon hallinta .....	14
3.1.4 Tavoitteet ja niiden saavuttaminen .....	14
3.2 Yleiset tietomallivaatimukset .....	15
3.2.1 Tietomallinnusohjelmalle asetetut vaatimukset .....	16
3.2.2 Yleiset periaatteet .....	17
3.2.3 Suunnittelun dokumentointi .....	19
3.2.4 Mallin tarkastusmenetelmät ja laadunvalvonta .....	19
3.2.5 Reikävarausten suunnittelu .....	22
3.2.6 Mallin julkaiseminen .....	26
3.2.7 Tietomallin luovutus .....	27
3.3 Piirustusten tuottaminen .....	27
4 Case-kohde Tesoman palloiluhalli .....	30
4.1 Tesoman palloiluhalli .....	30
4.2 Rakennesuunnittelun työnjako case-kohteessa .....	31
4.3 Hankkeen eteneminen .....	31
4.4 Reikävarausten suunnitteluprosessi .....	32
5 Kokemuksia case-kohteesta .....	35
5.1 Tutkimustulosten analysointi ja luotettavuus .....	35
5.2 Tietomallinnuksella saavutetut edut .....	35
5.3 Kohteessa havaitut haasteet .....	37
6 Johtopäätökset .....	39
6.1 Tulosten arviointi suhteessa tutkimustavoitteisiin .....	39
6.2 Tutkimustulosten arviointi .....	39

6.3	Jatkotutkimuskohteet .....	40
Lähteet .....		41
Liitteet.....		43
LIITE 1 Tietomalliselostus .....		43
LIITE 2 Tietomalliselostus Tesoman palloiluhalli .....		44

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Attribuuttitieto	Tietomallinnettuun kappaleeseen liitetty tieto, jolla kuvataan kappaleen ominaisuuksia.
BIM	(Building Information Model) Katso Tietomalli.
CAD	(Computer Aided Design) Tietokone avusteinen suunnittelu.
IFC	(Industry Foundation Classes) Kansainvälinen tiedonsiirto standardi tietomalleille, mikä mahdollistaa tiedonsiirron eri tietojärjestelmien ja ohjelmien välillä.
Konvertointi	Tietomallin muuttaminen toiseen tallennusmuotoon. Yleensä natiivimalli muutetaan IFC-tietomalliksi.
Natiivimalli	Tietomallinnusohjelmiston käyttämä alkuperäinen tallennusmuoto tietomallille. Suunnittelijat työstävät natiivimallia, josta tarvittaessa konvertoidaan IFC-tietomalli.
Parametrinen	Numeroarvoilla säädettävä.
Referenssimalli	Tietomallin taustalle tuotu toinen tietomalli, jonka muokkaaminen onnistuu alkuperäisessä tietomallissa.
RAK	Lyhenne rakennetekniikan suunnittelualasta. Käytetään yleensä viittauksena rakennesuunnittelijaan.
Reikävaraus	Taloteknisen suunnittelijan määrittämä kappale tietomallissa, jolla ilmaistaan tarvetta lävistää rakenteita. Reikävarauksella osoitetaan tarvittavan reiän koko ja sijainti.
Reikävarausmalli	Reikävarausmalli on tietomalli, joka sisältää yhden tai useamman reikävarauksen.
Tietomalli	Tietomallilla tarkoitetaan tietokantaa, joka käsittää kaiken kiinteistön suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon liittyvän tiedon. Tarvittaessa tietokanta voidaan muodostaa pienemmistä tietomalleista.

- TATE Lyhenne talotekniikan suunnittelualasta Käytetään yleensä viittauksena, kun ei haluta eritellä LVIAS-suunnittelijoita (Lämpö-, Vesi-, Ilmanvaihto-, Automaatio- ja Sähkösuunnittelijoita).
- Törmäystarkastelu Toimenpide, jolla tutkitaan tietomallinnettujen kappaleiden fyysisistä päällekkäisyyttä.
- Yhdistelmämalli Yhdistelmä kiinteistön eri tietomalleista, minkä avulla voidaan tutkia muun muassa tietomallien yhteensopivuutta.



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Tietomallintaminen mullistaa tulevaisuudessa rakennusalan tieto- ja viestintätekniikan. Tai näin ainakin väitetään. Tietomallintamisen hyödyt ovat usein esillä juhlapuheissa ja rakentamisen tulevaisuutta kuvaavissa katsauksissa. Haasteista puhutaan kuitenkin harvemmin.

Tämän diplomityön tilaaja Insinööritoimisto Jonecon Oy on tamperelainen vuonna 1989 perustettu yritys, jonka päätoimiala on rakenne- ja elementtisuunnittelu. Diplomityö syntyi tarpeesta kartoittaa tietomallintamisen periaatteita ja toimintatapoja käytännön rakennesuunnittelun näkökulmasta. Diplomityön yhtenä osuutena on tietomallintamisen testaaminen käytännön rakennesuunnittelussa. Case-kohteeksi valikoitiin Tesoman palloiluhalli ja tutkijan tehtäväksi rakennesuunnittelun tietomallintaminen. Käytännön tietomallintamisen edetessä työn aihe ohjautui tietomallintamisella saavutettavien hyötyjen ja haasteiden selvittämiseen. Esimerkiksi tietomallinnettavan kohteen reikävarausten suunnittelu koettiin työn tilanneessa yrityksessä haasteelliseksi, jopa sekavaksi.

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tämän tutkimuksen tavoitteena on kuvata tietomallintamalla saavutettavia yleisiä hyötyjä hankkeen kaikkien osapuolten näkökulmasta. Tietomallintaminen ei ole ainoastaan suunnittelijoiden yksinoikeus, vaan se koskettaa kaikkia hankkeen osapuolia. Tietomallintamalla saavutettavat edut ovat yhtäläillä kaikkien hankkeeseen osallistuvien hyödynnettävissä. Toisaalta tietomallien tehokkuus perustuu suurelta osaltaan yhteistyöhön panostamiseen, joka on välttämätöntä käytettäessä uutta tieto- ja viestintätekniikkaa. Esimerkiksi reikävarausten suunnitteluprosessin eteneminen poikkeaa perinteisistä käytetyistä menetelmistä. Työn toisena tavoitteena on selvittää rakennesuunnittelun tietomallintamisen vaatimuksiin ja perusperiaatteisiin. Käytännön kokemuksia rakennesuunnittelun tietomallintamisesta tutkitaan casekohde Tesoman palloiluhallin tietomallintamisen avulla.

## 1.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen alussa tehdään kirjallisuusselvitystä tietomallintamisesta. Työssä kuvataan tietomallille asetettuja vaatimuksia ja tietomallin toimintaa. Pääpaino selvityksessä on tietomallintamisen hyödyntämisessä, saavutettavissa hyödyissä ja to-

dennäköisesti kohdattavissa haasteissa. Kirjallisuusselvityksen merkittävimpinä lähteinä käytetään tietomallintamisen käsikirjaa BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owner, Managers, Designers, Engineers, and Contractors [1] sekä Jiri Hietasen kirjoittamaa Tietomallit ja rakennusten suunnittelu: Filosofinen selvitys tieto ja viestintätekniikan mahdollisuuksista [3].

Kirjallisuudessa esitettyjä tietomallintamisen periaatteita rakennesuunnittelijan näkökulmasta tutkitaan tutkimuksen toisessa osuudessa. Aiheesta on tehty Pro IT -hankkeeseen liittyen ohjeistus vuonna 2004[13], mutta kuten arvata saattaa, ovat ohjelmistot ja suunnitteluprosessit kehittyneet reilussa vuosikymmenessä. Toisaalta tietomallintamisen kehittyminen tulee varmasti olemaan nopeaa myös seuraavana vuosikymmenenä. Tietomallintamisen periaatteet eivät kuitenkaan tule muuttumaan. Mallien tulee olla oikein mallinnettuja, jotta mallin sisältämään ja siitä tuotettuun tietoon voidaan luottaa myös jatkossa.

Tutkimuksessa toisessa osassa perehdytään lisäksi rakennusten tietomallintamisen vähimmäisvaatimuksiin tutkimalla Yleiset tietomallivaatimukset 2012 – ohjesarjaa. Ohjeistuksessa on 14 osaa, jotka sisältävät vaatimusten lisäksi ohjeita hankkeen osapuolille ja tietomallien hyödyntämiseen. Tietomallintaminen tuo muutoksia perinteiseen piirustuspohjaiseen suunnitteluun. Esimerkkinä merkittävästä muutoksesta voi pitää reikä- ja varaussuunnittelun siirtymistä tietomalleja hyödyntäväksi suunnitteluprosessiksi. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 sisältävät vaihtoehtoja, kuinka muuttuvat työtehtävät voidaan jakaa eri suunnittelualojen välille. Rakennesuunnittelijoiden onkin syytä perehtyä näiden vaihtoehtojen eroavaisuuksiin ja vastuukysymyksiin. Tietomallintamisen myötä työtehtäviin voi muodostua huomattavia muutoksia verrattuna perinteisiin menetelmiin.

Tutkimuksen kolmannessa osuudessa esitellään case-kohde Tesoman palloiluhalli, jonka rakennesuunnittelun tietomallinnuksesta vastasi tutkija. Rakennesuunnittelijan kokemuksia käytännön tietomallintamasta esitetään tutkimuksen neljännessä osuudessa. Kokemukset ovat tutkijan henkilökohtaisia havaintoja Tesoman palloiluhallin tietomallintamisesta.

## 2 TIETOMALLINTAMINEN RAKENNUSALALLA

### 2.1 Mikä on tietomalli?

Tietotekniikan laajamittainen käyttöönotto 1990-luvulla mullisti rakennusten suunnittelutyötä. Perinteinen käsin piirtäminen korvattiin tehokkaammin hyödynnettävillä CAD-järjestelmillä. Uuden tekniikan kiistämättömiä etuja olivat aiempaa tarkemmat suunnitelmat ja helpompi muokattavuus. CAD-suunnittelu mahdollisti suunnitelmien digitaalisen esittämisen ja jakamisen, mutta se oli vasta ensimmäinen askel kohti tietotekniikan laajamittaisempaa hyödyntämistä rakennusallalla. [10]

Tietomallilla tarkoitetaan tietokantaa, joka sisältää kaiken rakenteen valmistamiseen ja ylläpitoon vaadittavan tiedon. Sillä voidaan tarkoittaa joko alkuperäismallia tai IFC-mallia, kuten kuvassa Kuva 1 on esitetty. IFC:llä tarkoitetaan alkuperäismallista tuotettua tietomallin tiedostomuotoa, jota käyttämällä tietomallinnusohjelmistot siirtävät ja vastaanottavat informaatiota toisista ohjelmistoista. Kyseessä on ennalta määrätty sopimus tiedontallentamiseen. Tietomallista tuotetut tulosteet kuten piirustukset ja listaukset ovat dokumentteja.

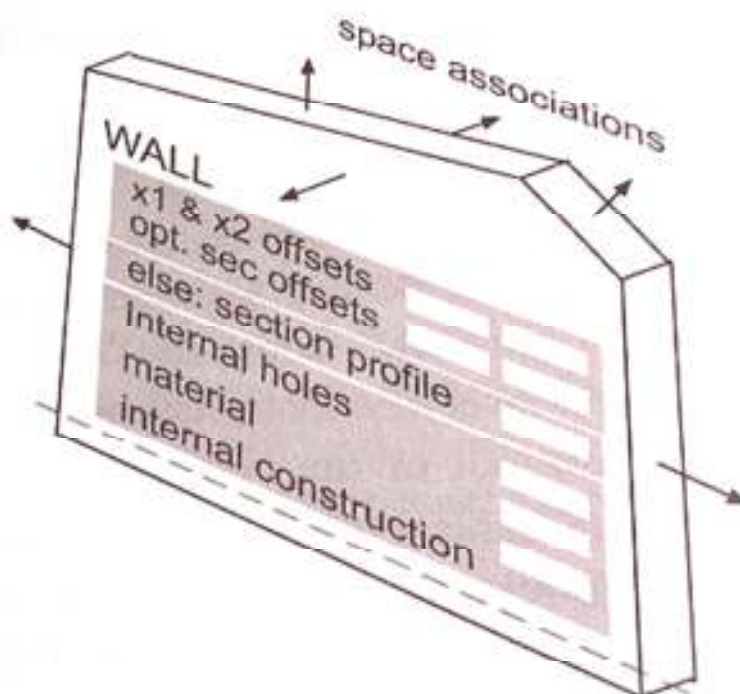


Kuva 1. Tietomalli tarkoittaa sekä alkuperäis- eli natiivimallia että IFC-mallia, joista on mahdollista tuottaa dokumentteja. [6, s.3]

Tietomallin rakentamista kutsutaan mallintamiseksi. Mallintamisen yleistymisen odotetaan mullistavan rakennusalan käytäntöjä tulevaisuudessa. Uusi tekniikka luo valtavasti uusia mahdollisuuksia hyödyntää digitaalista tietoa, mutta sillä on myös rajoitteensa. Suunnittelussa ja rakentamisessa syntyvää tietoa täytyy hallita. Tietomalli ei ole suunnittelijoiden yksinoikeus, vaan siinä on kyse enemmänkin yhteistyöstä rakennushankkeen eri osapuolten välillä. [6 s.3]

Synonyyminä mallintamiselle käytetään usein virheellisesti sanaa kolmiulotteinen suunnittelu. Tietomallit ovat toki usein kolmiulotteisia, mutta varsinaista vaatimusta tällaiselle esitystavalle ei ole määritelty, sillä niiltä vaaditaan enemmän kuin pelkkää geometriaa. Tietomallin tulee esittää laskennallisesti mallinnettujen kappaleiden kaikki fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet. Kolmiulotteinen esitystapa on seurausta tästä. Laskennallinen esitystapa mahdollistaa tietomalleille kolmiulotteisuuden lisäksi täysin digitaalisen tiedonsiirron ja -analysoinnin eri ohjelmien välillä. Analyyseistä on kerrottu lisää kappaleessa 2.3 Tietomallien hyödyntäminen. [11 s.3.]

Muodon lisäksi mallinnetuille kappaleille tulee voida syöttää tietoa esimerkiksi materiaaleista, liittyvistä osista sekä valmistus- ja asennusaikataulusta. Tämä on niin sanottua attribuuttitietoa, joka ei näy kappaleen geometriassa. Kuvassa Kuva 2 on hahmoteltu seinän tietomallia.



**Kuva 2. Tietomallissa objektin tulee geometrian lisäksi sisältää tietoa kappaleen ominaisuuksista, kuten sijainnista, profiilista, rei'ityksistä ja materiaalista. [1 s. 30]**

Kuvassa (Kuva 2) on esitetty seinän (Wall) tietomallin geometrian määrittely parametrisesti. Määritettäviä ominaisuuksia voivat olla esimerkiksi sijaintipoikkeamat (offsets), kappaleen profiili (section profile), rei'itykset (internal holes), materiaali (material) ja rakennekerrokset (internal construction). Teoksessa, BIM Handbook - A Guide to Building Information Modeling, tietomalleista on rajattu pois mallit, joissa kappaleen sijaintia tai geometriaa ei pystytä säätämään parametrisesti. Tällaisen tietomallien mallintaminen ja muokkaaminen on erittäin työlästä ja epätarkkaa. Tietomallit, joissa muutos yhdessä näkymässä ei päivitty automaattisesti toiseen näkymään on myös syytä rajata tietomallien ulkopuolelle. [1 s. 12-16,30]

Lisäksi on olemassa ohjelmia, jotka muodostavat mallin kolmiulotteisen geometrian useiden 2D CAD viitepiirustusten perusteella, jolloin ei voida varmistua mallin oikeellisuudesta tai toteuttamiskelpoisuudesta. Tietomallin tulee siis täyttää muutamia perusvaatimuksia, kuten

- laskennallinen esitystapa fyysisille ja toiminnallisille ominaisuuksille,
- parametrisesti säädettävä geometria,
- mahdollisuus lisätä kappaleille attribuuttitietoa ja
- muutoksien päivittyminen kaikkiin näkymiin.

Tietomallille asetetut vaatimukset ovat kuitenkin hyvin teoreettisia, sillä yleisesti käytössä olevat ohjelmistot täyttävät vaatimukset. Rakennusten tietomallintamiseen yleisimmin käytettyjä ohjelmistoja ovat:

- Revit
- Bentley Systems
- ArchiCAD
- Digital Project ja
- Tekla Structures.

Ohjelmistoille on muodostunut selkeästi käyttäjäkunnat eri suunnittelualoilta. Toimintaperiaatteet ovat muokkautuneet käyttötarkoituksen mukaan. [1 s.12-16, 54-62; [11 s.3-4.]

Joitakin vuosia sitten tietomallin synonyymina käytettiin tuotemallia tai tuotesamallia. Tietomalli kuvaa kuitenkin terminä paremmin rakennettua ympäristöä. Se sisältää yksittäisten osien malleja, jotka voivat olla toisistaan ja toimittajistaan riippumattomia. Tuotemallilla tarkoitetaan enemmänkin erilaisista osista koottavaa kokonaisuutta, jonka tavoitteena on toimia identtisten tuotteiden mallina. Rakennukset ovat kuitenkin lähes poikkeuksetta yksilöllisiä. [3 s. 26.]

## 2.2 Erilaiset tietomallit

Suunnitteluvaiheen lisäksi rakennusten tietomallia voidaan käyttää myös rakentamisen päätyttyä. Tällöin puhutaan ylläpitomallista, johon viedään tietoa koko rakennuksen elinkaaren ajan. Tämä tukee käytönaikaista tiedonhallintaa. Vaikka kyseessä on edelleen tietomalli, on sille haluttu antaa mallin käyttötarkoitusta ja -ajankohtaa kuvaava nimitys. Esimerkkinä on kuvassa (Kuva 3) esitetty arkkitehdin tietomallin muokkaantuminen ja nimityksen muuttuminen hankkeen edetessä.



Kuva 3. Tietomallin kehittyminen hankkeen edetessä. [9 s. 16.]

Aluksi arkkitehti tekee rakennuksesta yksinkertaisen tilamallin. Vähitellen työn edetessä mallia tarkennetaan rakennusosamalliksi ja tuoteosamalliksi. On syytä huomata, että tuoteosamalli on terminä vanhentunut, kuten kappaleen 2.1 lopussa todetaan. Nykyaikaisempi termi olisi tietomalli. Lopulta toteutuneet rakenteet mallinnetaan toteutumamalliksi ja edelleen ylläpitomalliksi. Tietomalli on näin kehittynyt hankkeen edetessä karkeasta luonnostelusta, rakennuksen tarkaksi kopioksi. [9 s. 16.]

Jokaiselle tietomallille tulee projektikohtaisesti asettaa vaatimukset sen tietosisällöstä ja mallinnustarkkuudesta. Hankkeen alkuvaiheessa käytettävän tilamallin tietosisältövaatimus on huomattavasti suppeampi kuin sitä seuraavissa suunnitteluvaiheissa. Aluksi tiloilla on vain pinta-aloja, tilavuuksia ja käyttötarkoituksia. Nämä tiedot tukevat alustavia kustannuslaskentoja. Myöhemmissä vaiheissa mallia täydennetään seinillä, ovilla, ikkunoilla ja kalusteilla, jolloin voidaan jo tarkastella yksittäisten tilojen toimivuutta ja rakennusta kokonaisuutena. [9 s. 16.]

## 2.3 Tietomallien hyödyntäminen

Uuden tekniikan käyttöönotto vie oman aikansa. Käsien piirtämisestäkään ei luovuttu hetkessä, vaan suuri osa suunnittelijoista siirtyi CAD-järjestelmien pariin vasta kun hyödyt muuttuivat ilmeisiksi. Tietomallien kohdalla tilanne on vastaava. Uuden tieto- ja viestintätekniikan käyttöönotto vaatii ponnistuksia, mutta saavutetut hyödyt ovat selkeästi osoittaneet tietomalleihin liittyvät mahdollisuudet. [10]

Tietomallintamisen tarjoamia mahdollisuuksia on esitetty muun muassa ohjesarjassa Yleiset tietomallivaatimukset 2012 [2 s. 3]. ”Tietomallit mahdollistavat mm:

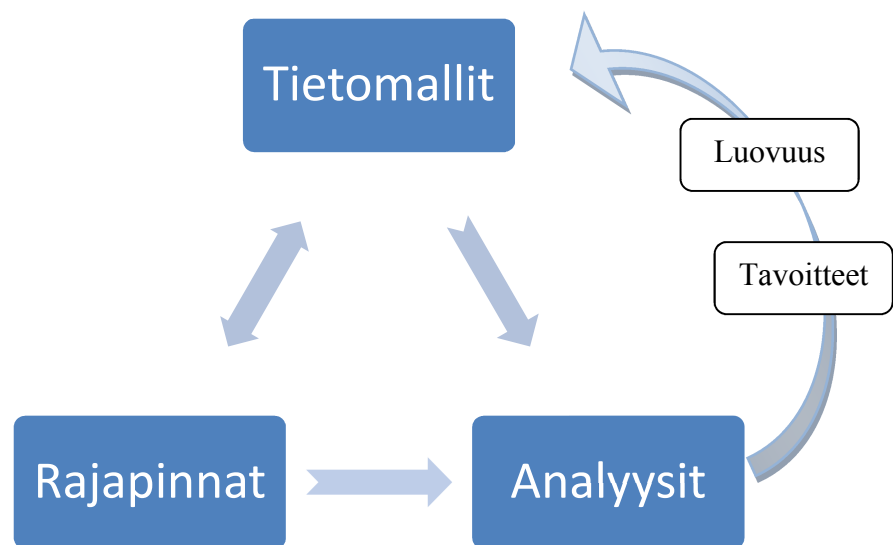
- Investointipäätöksien tuki vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia

- Energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurantaa varten
- Suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen
- Laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen
- Rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa [2 s. 3]”

Yleisiä tietomallivaatimuksia käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.2.

Tietomalleihin liittyy oleellisesti käsitteet rajapinta ja analyysi. Niiden muodostaman järjestelmän ymmärtäminen mahdollistaa täysin uudenlaisten tieto- ja viestintätekniikan käyttöönoton. Rajapinnalla tarkoitetaan kahden toimijan välistä tilaa, jossa siirretään tietoa ennalta määrättyjen sopimusten mukaisesti. Esimerkiksi tietokoneen näppäimistö toimii rajapintana käyttäjän ja tietokoneen välillä. Painamalla näppäimiä ennalta sovitulla tavalla tieto siirtyy järjestelmästä toiseen. Toimenpiteen jälkeen siirtynyt tieto voi jatkaa matkaansa seuraaviin järjestelmiin, joissa tietoa joko hyödynnetään sellaisenaan tai analysoidaan matemaattisesti. Analyysissä alkuperäinen tieto muokkautuu sellaiseksi tiedoksi, jota ei vielä lähtötilanteessa ollut nähtävissä. Tiedon kulkua tietomallien, rajapintojen ja analyysien muodostamassa järjestelmässä kuvataan usein kuvan (

Kuva 4) kaltaisella kolmiolla. [3 s.22-25]



Kuva 4 Tietomallien mahdollistamaa uutta tieto- ja viestintätekniikkaa kuvataan järjestelmänä, joka muodostuu yhdestä tai useammasta tietomallista, rajapinnasta ja analyysistä. [3 s.23]

Tietomallit linkittyvät toisiinsa rajapintojen kautta, ja niiden sisältämä tietoa voidaan analysoida suoraan tai siirtää rajapinnan kautta analysoitavaksi. Analyysistä saatavan tiedon vertaaminen ennalta asetettuihin tavoitteisiin mahdollistaa tietomallin soveltuvuuden testaamisen. Jos analyysien tulokset eivät täytä tavoitevaatimuksia, joudutaan tekemään muutoksia tietomalleihin. Tässä kohtaa luovuus astuu

esiin ja tietomallia korjataan tavoitteiden saavuttamiseksi. Toinen, joskaan ei suositeltava vaihtoehto on korjata tavoitteita. [3 s.22-25]

Tietomallin avulla pyritään vertailemaan eri ratkaisuvaihtoehtojen

1. toimivuutta
2. laajuutta
3. kustannuksia
4. vaikutuksia

Tällä tavoin pyritään saavuttamaan paras mahdollinen kompromissi, joka vastaa parhaiten ennalta määrättyjä tavoitteita. Ratkaisuvaihtoehtojen keskinäistä paremmuutta ei pystytä ratkaisemaan ilman tavoitteiden asettamista ja painottamista. Tästä syystä tavoiteltaville hyödyille on syytä asettaa selkeät rajat, joihin suunnittelijan tulisi ratkaisuisaan pyrkiä. Toisaalta kaikkia tavoitteita ei voida määrittää yhtä aikaa yhtä tärkeiksi. Tästä syystä ratkaisut ovat aina enemmän tai vähemmän kompromisseja. [3 s.59-60]

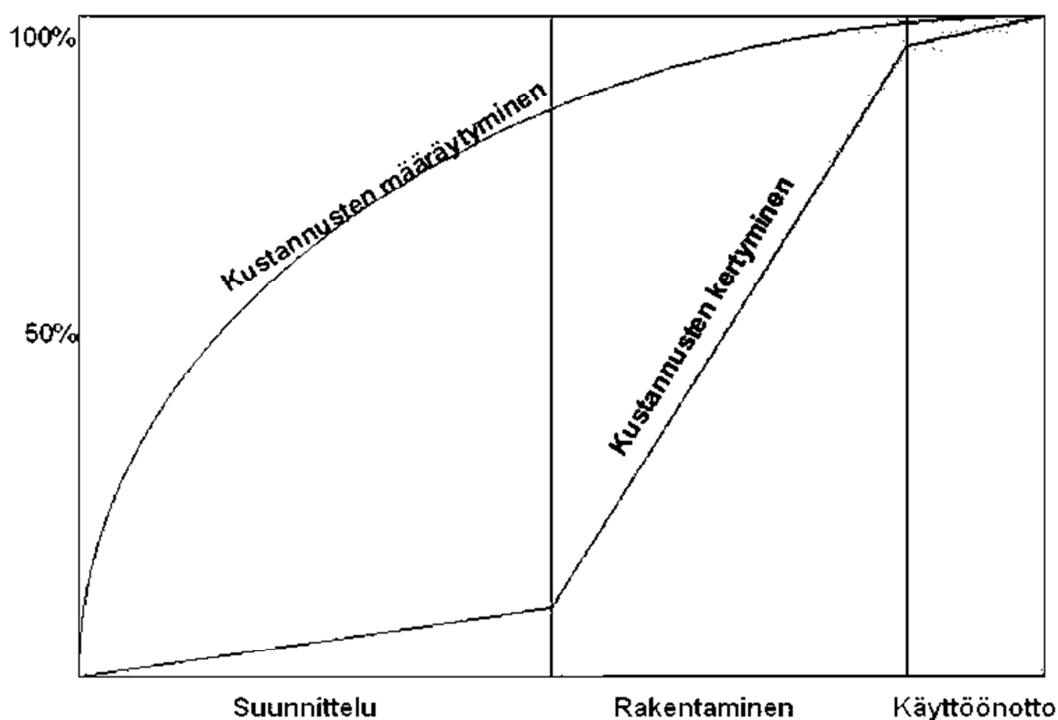
Tietomallin avulla pyritään tehostamaan rakennushanketta siten, että tilaajan tarpeet tulisi huomioida paremmin ja taloudellisemmin. Käyttämällä tietomallia alusta alkaen rakennushankkeessa, ja hyödyntämällä näin saatua tietoa alustavaan kustannuslaskentaan, voidaan epätaloudellisia ratkaisuja karsia pois ennen kuin rakenneratkaisun tarkempaan suunnitteluun on käytetty arvokasta suunnittelu-aikaa. Rakennushankkeen kannalta tärkeimmät päätökset tehdään juuri hankkeen alkuvaiheessa.

Tietomalleja hyödyntämällä voidaan tehostaa eri osapuolten välistä tietojenvaihtoa. Suunnitteluryhmät hyötyvät tietomallintamisesta erilaisten visualisointien avustuksella. Rakenteesta ei tarvitse tällöin muodostaa kokonaiskuvaa usean 2D-piirustuksen pohjalta, vaan rakennusta voidaan tarkastella suoraan 3-ulotteisena. Mallin eri osista voidaan ottaa koska tahansa 2D-tulosteita, joiden pohjalta suunnitelmia voidaan tarkastella perinteisin menetelmin. Mallista tuotetut piirustukset ovat keskenään ristiriidattomia, kunhan mallinnus on suoritettu oikein ja malli on ajan-  
tasainen. [1 s.16-21]



### 2.3.1 Tietomallintamisen hyödyt tilaajalle ja omistajalle

Tietomallin avulla tilaaja pystyy kustannuslaskijoiden avustuksella muodostamaan alustavia kustannusarvioita rakennushankkeesta. Linkittämällä tietomalli kustannuslaskentaohjelmaan voidaan eri ratkaisujen kustannusvaikutuksia vertailla jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Tämä on erityisen tärkeää, koska kustannusten määräytyminen on voimakkainta juuri projektin alkuvaiheessa, kun ensimmäisiä päätöksiä tehdessä. Kustannusten määräytymistä ja kertymistä projektin eri vaiheissa on esitetty kuvassa (Kuva 5).



Kuva 5. Kustannusten muodostuminen hankkeen edetessä.[8, s. 5]

Kuvassa (Kuva 5) on vaaka-akselilla hankkeen vaiheet suunnittelusta rakentamiseen ja käyttöönottoon. Pystyakselilla on kustannusten muodostuminen. Mitä myöhemässä vaiheessa projektia kustannuksiin halutaan vaikuttaa, sitä vaikeampaa ja kallimpaa se on. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa päätöksiä joudutaan tekemään aikaisemmassa vaiheessa. Tällöin hintavaikutuksiin on vielä helppo puuttua ja mahdollisesti muuttaa suunnitteluratkaisua. Hankkeen edetessä suunnitelmamuutoksien hintavaikutus kasvaa. [1 s.93-119]

Tietomallintamisen hyödyt ovat saavutettavissa riippumatta tilaajan aikaisemmista kokemuksista ja taustoista. Omistajan ja tilaajan tärkein tehtävä tietomallintamisen hyödyntämisessä on mahdollistaa tietomallipohjaisen suunnittelun kannattavuus sopimuksin. Uuden tekniikan käyttöönotto vaatii usein uutta suhtautumista ja uusia toimintamalleja, joten se koetaan työläänä ja kannattamattomana. Tästä syystä tilaajan tulee vaatia tietomallipohjaista suunnittelua. Mikäli tilaaja ei tiedä tietomallintamiseen sisältyviä mahdollisuuksia, voi lopputuloksena olla vain 3-

ulotteinen kuvaus rakennuksesta järjestelmiseen. Tässäkään tapauksessa tehty työ ei kuitenkaan ole mennyt täysin hukkaan, sillä rakennuksen 3-ulotteinen malli tarjoaa havainnollista tietoa tiloista omistajalla. Esimerkiksi liiketilojen vuokraaminen ja tulevan käytön suunnittelu helpottuvat kun tilojen mittasuhteet hahmottuvat käyttäjälle. Loppukäyttäjä voi joissakin tapauksissa jopa vaikuttaa suunnitteluratkaisuihin. Rakennusaika työmaalla lyhenee tehostamalla elementtirakentamista ja minimoimalla paikalla rakennettavat rakenteet. Mallin avulla elementtisuunnittelun aikataulu voidaan muokata ja valvoa, jolloin viivästyksiin ja aikataulumuutoksiin on helpompi varautua ja reagoida. Päällekkäiset työvaiheet voidaan minimoida, jolloin käyttöönotto nopeutuu. [1 s.93-119]

### 2.3.2 Tietomallintamisen hyödyt suunnittelijoille

Tietomallista saatavat hyödyt riippuvat suuresti siitä, kuinka selkeisiin suunnitteluratkaisuihin päädytään. Kokenut suunnittelija pystyy suunnittelemaan ja piirtämään yksinkertaisen rakennuksen leikkauksineen 2D-CAD-piirtotyökaluilla hyvinkin nopeasti ja vaivattomasti. Tällaisessa tapauksessa tietomallin rakentaminen voi tuntua työläältä ja hitaalta. Mallintamisen edut tulevat kuitenkin parhaiten esiin tilanteessa, jossa rakenneratkaisuja joudutaan muuttamaan, tai rakenne on hankalasti hahmotettavissa. Tietomallin muokkaaminenkaan ei toki ole täysin vaivatonta, mutta suurena etuna mainittakoon tietomallin sisäinen ristiriidattomuus, jolloin jokainen tietomallista otettu tuloste sisältää muutokset. Suunnittelijan näkökulmasta katsoen muutoksia ei tarvitse viedä erikseen jokaiseen taso- ja leikkauspiirustukseen. [1, s. 29-32.]

Mallintamalla saadaan tehostettua suunnitteluprosessia ja muutoksen hallintaa. Tämä koskee erityisesti parametrisesti toimivia mallinnusohjelmistoja. Tällöin erilaisia ratkaisuita voidaan luoda helposti useita, ja valita niistä sopivin. Perinteisillä menetelmillä erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen vertailu on huomattavasti työläämpää. Osa ohjelmista luo mallista automaattisesti parametrinen, jolloin mallinnetut kappaleet muodostavat riippuvuuksia toisiinsa kappaleisiin heti mallinnuksen alkuvaiheessa. Muutettaessa rakenteiden geometriaa muuttuvat kappaleet ja objektit automaattisesti ennalta säädettyjen parametrien mukaisesti. Usein on kuitenkin ongelmallista selvittää eri kappaleiden väliset riippuvuudet, jos mallia muokkaamalla ei päästy haluttuun lopputulokseen. [1, s. 29-39.]

Hankkeen edetessä syntyvän suunnitelmatiedon määrä on valtava, eikä sen yksityiskohtaiseen tarkastamiseen ole käytännössä koskaan aikaa. On arvioitu, että arkkitehdin hyödyntäessä tietomallia, pystytään tarkastamaan ja analysoimaan jopa 10-kertaa enemmän suunnitelmatietoa kuin perinteisillä menetelmillä. On kuitenkin huomioitava, että tietomallista tehtävät osittain automaattiset tarkastukset eivät testaa suunnitelmien toimivuutta, kuten ovien aukeamista. Rakennusta ei siis todennäköisesti koskaan voi jättää kokonaan tietokoneen suunniteltavaksi, vaan tehtävään tarvitaan aina suunnittelijan näkemystä. [6 s.3]

### 2.3.3 Tietomallintamisen haasteita

Tietomallien käyttö rakennushankkeissa sitoo projektin osapuolten resursseja aikaisemmassa vaiheessa kuin perinteisissä paperipohjaisissa CAD-suunnitteluissa. Tämä on pääasiassa sopimustekninen ongelma, johtuen vakiintuneista käytännöistä, joissa jokainen suunnitteluala vastaa omien suunnitelmiensa laadusta. Osapuolet vastaavat omien suunnitelmiensa oikeellisuudesta tietomallinnettavissa kohteissa samalla tavalla, mutta tämän lisäksi suunnitelmien yhteensopivuuden varmistaminen lisää suunnittelijan tehtäväkenttää entisestään. Suunnitelmien yhteensovitus ei ole tietomallintamiseen liittyvä erityispiirre, mutta 2D-piirustusten vertaileminen on työlästä ja virheet jäävät helposti huomaamatta. Mallintaminen vaatii uudenlaista suhtautumista projektin eri osapuoliin ja selkeitä tavoitteita suunnittelulle. Kaikkien projektin osapuolten tulee sitoutua mallintamiseen ja panostaa siihen yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Jos jokin suunnitteluala ei mallinna rakenteitaan tai järjestelmiään, menetetään suuri osa yhteisesti kerätystä tiedosta johtuen tietomallien ulkopuolisten ylimääräisten ja erillisten suunnitelmin määrästä. [1 s. 21]

Objekteihin pohjautuvat ja parametrisesti muokkautuvat mallinnusohjelmistot sisältävät usein älykkyyttä, joka huomioi tehdyt muutokset myös liittyviin rakenteisiin. Esimerkiksi palkin profiilin muuttaminen muuttaa pilari-palkki -liitosta. Ohjelmistot osaavat muuttaa liitoksen vastaamaan muuttunutta tilannetta, mutta eivät välttämättä tee tätä älykkyydestä riippumatta toivotulla tavalla. Eli vaikka ohjelmisto muuttaakin liitosta, joutuu suunnittelija tarkastamaan ja korjaamaan liitokset edelleen yksitellen. Erityisen haasteelliseksi ominaisuuden tekee automaattisesti päivittyvät objektit, joista jokaisella on oma tapansa suhtautua muutokseen. Suunnittelija pystyy hyödyntämään parametristä tietomallia kokonaan vasta tiedostettuaan ja havaittuaan erilaisten objektien käyttäytymiset ja riippuvuudet. [1 s.53]

Myös tietomallin oikeellisuus aiheuttaa tiettyjä haasteita mallintamiseen siirtymiselle. Rakennuksiin liittyvä tietomäärä on valtava, ja suunnittelijat eivät todennäköisesti koskaan pysty mallintamaan ja suunnittelemaan rakennusta täysin lopputulosta vastaavaksi. Siitä syystä mallin tarkkuustaso asettaa joitakin rajoituksia mallin käytölle. Suunnittelijan kannalta pikkutarkka mallintaminen aiheuttaa lisäkustannuksia suunnitteluun, vaikka tarkkuudesta on myös hyötyä. Yhtäläillä mallin luovuttaminen eteenpäin voi aiheuttaa ongelmatilanteita, johtuen mallin erilaisista käyttötarkoituksista. Tästä syystä mallin luovuttamista tulee välttää, jos ei ole tietoa, mihin mallia ollaan käyttämässä. Lähtökohtana mallille on kuitenkin ristiriidattomuus ja mallin oikeellisuus. Toisin sanoen mallin tulisi vastata suunnittelijan näkemystä toteutuksesta, eikä tästä vaatimuksesta tulisi tinkiä. Kaikki poikkeavuudet, vajavuudet ja virheet tulisi kirjata tietomalliselosteeseen, josta kerrotaan lisää kappaleessa 3.2.3 Suunnittelun dokumentointi. [1 s.21-23]

Eräs tietomallintamiseen liittyvä ominaisuus on skaalautuvuus. Tietomallintamisen tehokkuus perustuu tiedon keskittämiseen yhteen sijaintiin, mutta se aiheuttaa haasteita tietomäärän hallinnalle ja tiedon nopealle hakemiselle. Ongelma on

enimmäkseen tietotekniikan suorituskykyyn liittyvä, mutta tietomallin käyttäjä havaitsee ongelman ohjelman hidastuneena toimintana. Yksinkertaisten toimintojen suorittamiseen kuluu enemmän aikaa suurissa ja tarkoissa malleissa kuin yksinkertaisissa ja pienissä. Eri ohjelmistot suoriutuvat kasvavasta tietomäärästä eri tavoin. Arkkitehtien suosimat muistipohjaiset ohjelmat kuten Revit ja ArchiCAD pohjautuvat tekniikkaan, jossa kaikki tieto on jatkuvasti saatavilla. Tietomäärän kasvaessa tällaiset ohjelmat kuitenkin hidastuvat, johtuen tietokoneen muistikapasiteetin loppumisesta. Toiset ohjelmat, kuten Bentley, Digital Project ja Tekla Structures pohjautuvat tiedostopohjaiseen tiedonhakuun, joka ei kärsi yhtä paljoa tietomäärän kasvusta, sillä ohjelma hakee kulloinkin tarvitsemansa tiedon tietokoneen muistista ja tallentaa sillä hetkellä tarpeettoman tiedon myöhempää käyttöä varten. Tiedostopohjaiset ohjelmat toimivat tästä syystä pienillä tietomäärillä hitaammin kuin muistipohjaiset ohjelmat, mutta tietomäärän kasvaessa toiminnot eivät kuitenkaan hidastu yhtä nopeasti. Tietotekniikan kehittyminen yhä nopeammaksi ja edullisemmaksi tulee lieventämään tietomäärän hallinnan ongelmia, mutta eroon siitä ei tulla koskaan pääsemään, koska tietomalleista rakennetaan yhä tarkempia ja enemmän tietoa sisältäviä. [1 s.52]

Rakentamisen jälkeen tilaajalle luovutetaan valmista rakennusta vastaava tietomalli, jota tilaaja voi halutessaan käyttää esimerkiksi ylläpito- ja huoltotöiden hallintaan. Tietomalli ei itsessään vanhene, jos rakennukselle suoritettavat toimenpiteet päivitetään malliin aktiivisesti. Jos päivittämistä kuitenkin lykätään voi edessä olla tilanne, jossa vuosikymmenten päästä tietomallin lukemiseen ei löydy sopivia ohjelmistoja. Pitämällä tietomalli ajantasaisena varmistetaan sopivan ohjelmistoversiön löytyminen tarvittaessa. Toinen vaihtoehto on käyttää sellaista avointa tiedostomuotoa, joka on alalla yleisesti käytetty, mutta ei kuitenkaan valmistajasta riippuvainen. Esimerkiksi IFC on tällainen tiedostomuoto. [3, s.88]

Tietomallin perusajatus on sijoittaa tieto yhteen sijaintiin, mutta siinä on myös riskinsä. Tietotekniikan toimimattomuus voi lamaannuttaa työskentelyn kokonaan, jos työskentelyä ei pystytä jatkamaan toisella ohjelmistolla häiriötilanteen sattuessa. Toisaalta ohjelmistojen toimimattomuus ja esimerkiksi sähkökatkot haittaavat yhtälailla perinteistä 2D-suunnittelua, joten mahdolliset haasteet eivät koske ainoastaan tietomalleja vaan CAD-pohjaista suunnittelua yleisesti. Erilaisiin häiriötilanteisiin voi ja pitää varautua, mutta kaikkea ei ymmärrettävästi voida ottaa huomioon. [3, s.88]

## 3 TIETOMALLINTAMINEN RAKENNESUUNNITTELUSSA

### 3.1 Tietomallintamisen periaatteet

Usein kuulee puhuttavan mallintavasta rakennesuunnittelusta. On kuitenkin syytä tiedostaa, että vaikka tietomallintaminen on merkittävä uudistus rakennusallalla, säilyy suunnittelu edelleen suunnitteluna. Mallintaminen on vain tapa, jolla suunniteltuja rakenneratkaisuja viestitään muille projektin osapuolille. Sama koskee myös muita suunnittelijaosapuolia, kuten talotekniikkaa ja arkkitehtiä.

#### 3.1.1 Mallinna vain se, minkä olet suunnitellut

Ensimmäinen ja tärkein sääntö on mallintaa vain sitä asiaa, jota suunnittelee ja mallintaa se oikein. Tietomalli ei anna armoa väärin mallinnetuille kappaleille. Esimerkiksi perinteisessä 2D suunnittelussa piirretään yleensä kantava rakenteet ja niiden suurimmat aukotukset jo hyvin varhaisessa vaiheessa suunnittelua. Tietomallissa lähestymistapa on hyvin pitkälle sama, mutta tietoa tarvitaan enemmän. Seinän ylä- ja alareunan korkoasema tulee selvittää jo tässä vaiheessa, tai muuten rakenteen suunnittelu muuttuu arvailuksi. Ikkuna-aukkojen koko ja korkoasema ei usein käy ilmi alustavista arkkitehti pohjista, eikä niitä aina 2D –suunnittelussa kaipaakaan, mutta mallinnettaessa aukolle täytyy määrittää tarkka sijainti myös korkeussuunnassa. Tällöin selvitettävissä asioita on enemmän. Tämä ei tosin ole tietomallintamisen mukana tullut ongelma, sillä rakennesuunnittelija joutuu joka tapauksessa tarkistamaan ikkunapalkkien korkeuden ja kestävyysajan jossain vaiheessa suunnittelua. [3 s.38]

#### 3.1.2 Työkalujen käyttö

Ohjelmistot aiheuttavat usein tilanteita, joissa tietomalliin kuitenkin tallentuu tietoa, jota ei kuitenkaan ole suunniteltu. Suunnittelutyön helpottamiseksi ohjelmistojen työkaluihin on saatettu lisätä toimintoja, jotka muokkaavat rakenteiden detaljia nopeammin kuin suunnittelija ehtii niitä muokata ja tarkastaa. Tällöin tietomalli voi sisältää täysin virheellistä tietoa. Tämä ei ole suunnittelun kannalta tarkoituksenmukaista ja aiheuttaa turhaa epätietoisuutta suunnitelmien valmiusasteesta. Tätä tulisi välttää, vaikka se on haastavaa johtuen juuri työkalujen automatiikasta. [3 s.39]

### 3.1.3 Tiedon hallinta

Kolmas tärkeä periaate tietomallintamisessa on tiedon tuottamisen koordinointi. Suunnittelijan tulee tiedostaa mitä asiaa tai kappaletta on mallintamassa ja millä tarkkuudella työ on tehtävä, jotta kaikki tietomallin potentiaali saadaan hyödynnettyä. Oleellinen osa tiedon koordinoitua on tehdä rajaukset mallinnettaville kappaleille, eli määrittää mallinnettavat tiedot. Jotkin asiat on helpompi esittää muilla tavoin kuin mallintamalla, mutta tällöin tieto joudutaan sijoittamaan eri paikkaan kuin tietomalli, ja tällöin soditaan tietomallin vahvuuksia vastaan. Tietomallin tehokkuus perustuu ristiriidattomuuteen ja tiedon sijoittamiseen yhteen sijaintiin. Suunnitelmiin jatkojalostaminen esimerkiksi dwg -muodossa on helppoa, mutta aiheuttaa helpposti ristiriitoja tietomallin ja dwg -suunnitelman välille. Siksi on tärkeää rajata, mitkä asiat esitetään tietomallissa. Toisaalta kaikkea kohteeseen liittyvää tietoa ei välttämättä ole tarpeen säilyttää samassa tietomallissa, koska tietomäärän noustessa suureksi, ohjelman käyttö hidastuu ja muuttuu epämiellyttäväksi. Esimerkiksi piharakenteet voi olla käytännöllistä mallintaa eri tietomalliin, joka sitten linkitetään edelleen niin sanottuun yhdistelmämalliin. Mallien yhdistämisestä on kerrottu tarkemmin kappaleessa 3.2.4. [3 s.39]

### 3.1.4 Tavoitteet ja niiden saavuttaminen

Tietomallin tulee olla aina yksiselitteinen ja ristiriidaton, vaikka siitä tuotettavat paperiset suunnitelmat voisivatkin olla suuntaa antavia. Esimerkiksi rakennesuunnittelijan piirtämää elementtikaaviota käytetään perinteisesti elementtien lukumäärän laskemiseen ja elementtisuunnittelun lähtötiedoksi. Elementtisuunnittelija suunnittelee tämän jälkeen elementtien tarkan saumajaon rakennesuunnittelijalta ja arkkitehdilta saamiensa suunnitelmien pohjalta. Usein varsinkin rakennesuunnittelijan elementtikaavio on epätarkka, eikä sitä voi sellaisenaan käyttää suunnittelun pohjana. Kun rakennusta mallinnetaan ja elementtien saumojen sijainnit määritetään tietomalliin heti tarkasti, voidaan mallista ottaa helppolukuisia julkisivujen elementtikaavioita ja esittää samojen elementtien saumat ristiriidattomasti myös kerrosten tasopiirustuksissa. Tällä tavoin rakennesuunnittelija helpottaa samalla myös elementtisuunnittelijan työtä.

Mallintamalla on helppoa ja nopeaa luoda havainnollisia ratkaisuvaihtoehtoja. Tämä tekee mallintamisesta myös riskialtista, sillä suunnittelemattomatkin rakenteet voivat näyttää valmiilta ja tarkkaan harkituilta, vaikka kyseessä olisi vasta luonnos. Tästä syystä työjärjestyksen tulee olla sellainen, että mallinnetaan suunniteltuja rakenteita eikä suunnitella mallinnettuja rakenteita.

Mallintamisen tulisi aina lähteä tarpeesta saavuttaa jokin konkreettinen hyöty verrattuna perinteisten suunnitteluohjelmien käyttämiseen. Mallin käyttötarkoitus ei kuitenkaan ole aina selkeä, vaan muokkautuu työn edetessä. Tilaajalla voi olla mielikuva mallin käyttötarkoituksesta, mutta sen kuvailu on saattanut jäädä sopimus-

asiakirjoista, jolloin suunnittelijat tulkitsevat mallinnustavoitteita omien näkemystensä mukaan.

Mallintamisen hyödyt saadaan parhaiten esille, kun kaikilla osapuolilla on selkeä päämäärä mallintamiseen ja muut osapuolet tiedostavat lopputuloksen käyttökelpoisuuden eri käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi määrälaskentaan käytettävän mallin vaatimustaso on erilainen kuin laskenta- ja analyysimallille. Eri käyttötarkoitukset voivat rajoittaa tai jopa estää mallin käyttämisen sellaisenaan johonkin toiseen käyttötarkoitukseen. Siksi onkin äärimmäisen tärkeää tiedostaa mallille asetetut tavoitteet ja vaatimukset ennen mallintamisen aloittamista.[1 s. 149-190]

### 3.2 Yleiset tietomallivaatimukset

Tietomallintamisen yleistyessä, rakennusalaalla koettiin tarvetta yhtenäistää tietomallintamiseen liittyviä käytäntöjä ja toimintatapoja. Perustana ohjeistuksen laadinnassa käytettiin eri tilaajaorganisaatioiden laatimia ohjeita ja vaatimuksia tietomalleille sekä käytännön tietomallintamista harjoittavien osapuolten kokemuksia tietomallien toiminnasta. Kansallisesti toiminutta hanketta kutsuttiin COBIM -hankkeeksi ja sen tuloksena julkaistiin vuosina 2011–2012 Suomen ensimmäiset tietomallivaatimukset, Yleiset tietomallivaatimukset 2012 eli YTV 2012. Kansalliset ohjeet on sittemmin julkaistu myös englannin-, viron- ja espanjankielisenä ohjesarjana. Suomenkielinen ohjesarja koostuu tällä hetkellä osista 1-14, jotka ovat:

1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus
7. Määrälaskenta
8. Havainnollistaminen
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
10. Energia-analyysit
11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa

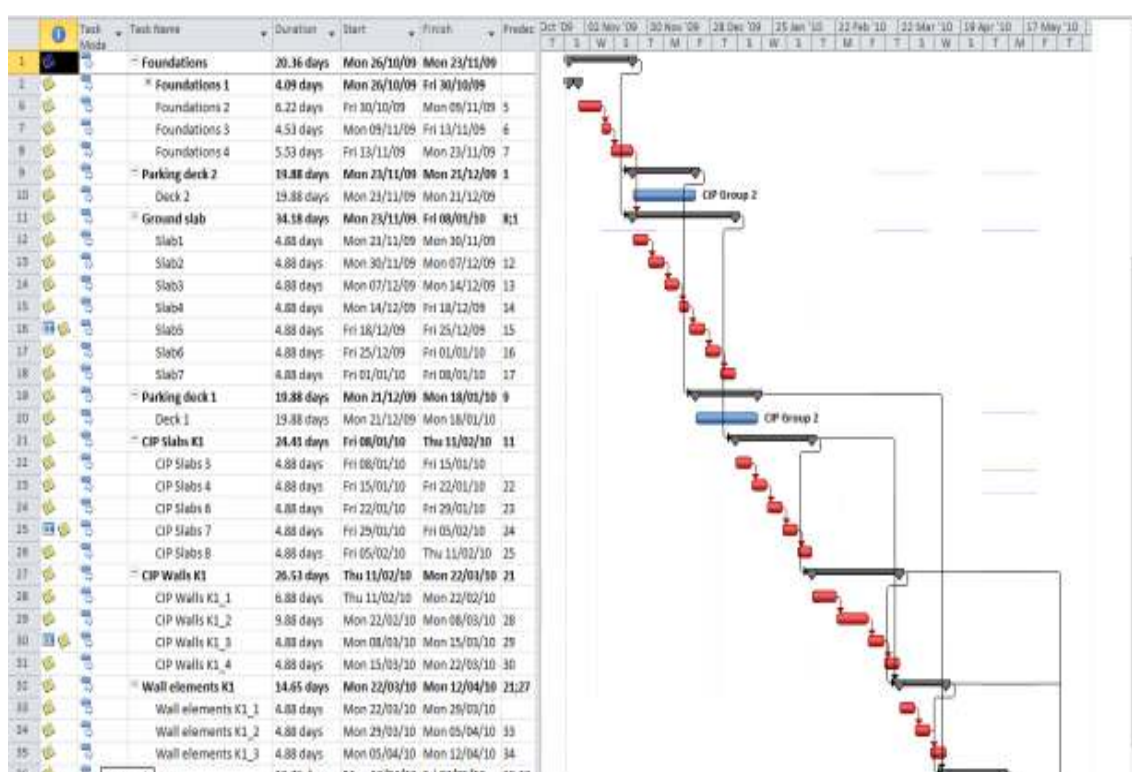
Yleiset tietomallivaatimukset sisältävät vähimmäisvaatimukset eri osapuolten tietomalleille ja niiden tietosisällöille. Lisäksi ohjeisiin on sisällytetty lisävaatimuksia, joita noudatetaan tapauskohtaisesti, mikäli suunnittelusopimuksissa on niihin viitattu yksiselitteisesti. Hankkeen osapuolten tulee tutustua omaa alaansa koskevan ohjeen lisäksi kaikkia osapuolia koskeviin osiin: 1 Yleinen osuus ja 6 Laadunvarmistus. [2 s. 2, 5].

Ohjesarjassa kuvataan tietomallintamisen liittyviä vaatimuksia ja toimintatapoja yleisellä sekä periaatteellisella tasolla. Ohjeita ei pysty siis käyttämään sellai-

senaan käytännön ohjeistuksena, vaan osapuolten tulee ottaa huomioon esimerkiksi eri ohjelmistojen aiheuttamat erityispiirteet tietomallintamiseen tapauskohtaisesti.

### 3.2.1 Tietomallinnusohjelmalle asetetut vaatimukset

Tilaaajan näkökulmasta ei usein ole merkitystä, mitä mallinnusohjelmistojä hankkeen eri osapuolet käyttävät, kunhan tiedonsiirto eri tietomallien välillä onnistuu. Tätä varten YTV 2012 määrittelee käytettäväksi IFC2x3 sertifioituja mallinnusohjelmistojä. Käytännössä projektin osapuolet voivat käyttää myös muita kuin IFC2x3 sertifioituja ohjelmistojä joko tilaaajan suostumuksella, tai siten, että mallintaminen suoritetaan muulla ohjelmistolla, mutta mallin luovutukseen ja julkaisuun toisille osapuolille käytetään IFC 2x3 sertifioitua ohjelmistoa. Toisaalta YTV 2012:ssa mainitaan myös mahdollisuudesta, jossa tilaaja määrittelee käytettävät mallinnusohjelmistot. Toimenpiteellä tavoitellaan parempaa vastaavuutta esimerkiksi rakennusliikkeiden tietomallinnusprosesseihin, joita voivat olla esimerkiksi tiettyjen aikataulutushjelmistojen käyttö. Esimerkiksi Tekla Structures -ohjelmassa voidaan luoda tietomallipohjaisia aikatauluja rakentamisen eri vaiheista, josta on havainnollistus kuvassa Kuva 6. [2, s.6]



Kuva 6: Tekla Structures-ohjelmassa luotu esimerkki aikataulutuksesta [4]

Rakennusliikkeillä voi olla käytössään tietomallipohjaisia aikataulutushjelmistojä, joten eri osapuolten käyttämät tietomallinnusohjelmat vaikuttavat osaltaan tietomallien hyödyntämiseen rakennusvaiheessa. Kuvassa (Kuva 6) on esimerkki perustusten vala-

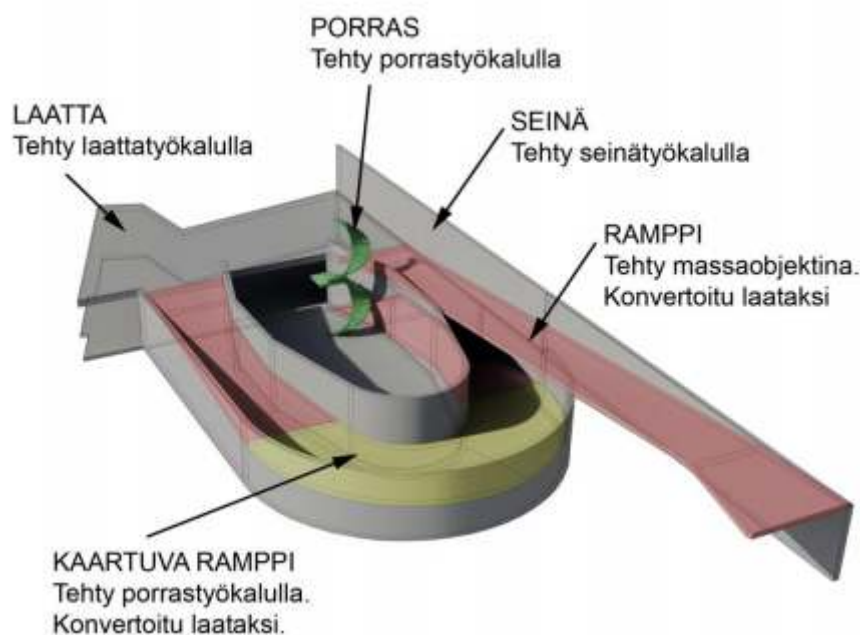


misen aikatauluttamisesta kuvitteellisessa kohteessa. Muutokset tietomallissa, kuten anturoiden lukumäärän muuttuminen päivittyvät myös aikatauluihin. [4]

### 3.2.2 Yleiset periaatteet

Rakennusosien mallinnustarkkuus riippuu mallin käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi toteutukseen käytettävien rakennusosa- ja rakennemallien tulisi olla mahdollisimman tarkkoja. Suunnittelijan on syytä huomioida, että alun perin tarkan mallin työstäminen tarkemmiksi suunnitelmiksi on huomattavasti helpompaa ja tehokkaampaa, kuin sellaisen mallin, joka täyttää juuri ja juuri mittatarkkuudelle asetetut vaatimukset. Toisaalta myös tietomallin käyttötarkoitus asettaa vaatimuksia mittatarkkuudelle. Esimerkiksi hyödyntäminen analyysimallina vaatii tietomallilta suurempaa tarkkuutta kuin mitä perinteisen kaltaisten paperisten suunnitelmien tuottaminen vaatii. [2 s.7]

Rakennusosien mallintamisessa tulisi pyrkiä käyttämään mallinnusohjelmiston sisältämiä työkaluja. Usein on kuitenkin tilanteita, joissa rakennusosien mallintaminen ei ole mielekästä tai mahdollista ohjelmistojen alkuperäisiä työkaluja käyttämällä. Esimerkiksi vinon pilarin mallintaminen on ongelmallista johtuen ohjelmien rajoituksista, ja siksi ne joudutaankin usein mallintamaan laattoina, joilla on oikeat dimensiot. Kuvassa Kuva 7 on esitetty tapauksia, joissa on jouduttu käyttämään soveltaen erilaisia työkaluja.



Kuva 7: Rakennusosia mallintamisessa joudutaan välillä soveltamaan eri työkaluja, vaikka periaatteellisella tasolla kappaleet tulisikin mallintaa käyttäen kyseessä olevan kategorian työkalua. [2 s.8]

Poikettaessa rakennusosien tavanomaisesta määrittelystä, kuten kuvassa Kuva 7 rampeille on jouduttu tekemään, tulee rakennusosien automaattista määrittelyä muuttaa vastaamaan todellista käyttötarkoitusta. Käytännössä tämä tarkoittaa natiivimallissa kappaleiden oikeaa nimeämis- ja tunnistetietojen määrittämistä vasta-

maan rakennusosan käyttötarkoitusta. Tämän lisäksi rakennusosan asetuksia joudutaan säätämään, jotta käyttötarkoitus kääntyy oikein myös IFC-konvertoinnissa. Vastaava toimenpide joudutaan tekemään esimerkiksi ontelolaatoille, jotka usein mallinnetaan palkkityökalulla, vaikka kyseessä onkin laatta. [2 s.8]

Rakennemallin tulee sisältää kaikki betonirakenteet sekä sellaiset tilaa vievät rakennustuotteet, joiden sijainnilla ja koolla on merkitystä muille suunnittelijoille. Esimerkiksi palonsuojalevyt ja alapohjan ontelolaattojen alapuoliset eristeet vaikuttavat muiden suunnittelualojen tilankäyttöön. [5 s.6]

Tietomallin rakenne tulee YTV 2012:n mukaan muodostaa siten, että malli voidaan jaotella kerros- ja lohkotietojen avulla. Vaatimus koskee kaikkia suunnittelualoja. Toisin kuin lohkojako, kerrosjako ei ole eri suunnittelualoille sama. Arkkitehdin tietomallissa kerrokseen kuuluu kyseisen kerroksen lattia ja sen päällä olevat seinät. Rakennesuunnittelijan mallissa kerrosjaon raja kulkee kerroksen seinissä ja yläpuolisissa kantavissa kattorakenteissa. Kerrosjakoa on havainnollistettu kuvassa Kuva 8.



**Kuva 8:** Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan kerrosjakojen ero. Vasemmalla arkkitehdin ja oikealla rakennesuunnittelijan kerrosjako. [2 s.9]

Rakennesuunnittelijan tietomallin YTV 2012:n mukaisessa kerrosjaottelussa on syytä huomioida lattian pintarakenteiden kuuluminen samaan kerrosalueeseen kuin saman kerroksen katto. Esimerkiksi välipohjan ontelolaatta ja sen päälle tulevat pintarakenteet kuuluvat YTV 2012:n mukaan eri kerrokseen rakennemallissa. Mikäli rakenneosa voisi kuulua sijaintinsa puolesta useampaan kerrokseen, liitetään se alimpaan kerrostasoon, jossa se esiintyy. [2 s.9; [5 s.7]

Rakennesuunnittelijan tulee varmistua, että rakennemallin sisältämät rakenteet siirtyvät oikein IFC-tiedostoon. Tarkastettavia tietoja ovat muun muassa rakenteiden ja rakenneosien

- geometria ja sijainti
- nimeäminen ja ominaisuuksien määrittely sekä
- kerros- ja lohkomäärittely.

Suunnittelijan tulee tiedostaa, että tietomallista tehty IFC –tietomalli on pääasiallinen tiedon jakomuoto muille suunnitteluosapuolille. Natiivimalli voi olla vaikka kuinka hyvin ja hienosti rakennettu, mutta muut osapuolet näkevät ja tulkitsevat ainoastaan natiivimallista konvertoitua IFC-mallia. Tästä syystä IFC-mallin tarkastaminen on vähintään yhtä tärkeää kuin natiivimallin. [5 s.6-7]

### 3.2.3 Suunnittelun dokumentointi

Onnistuneen tietojenvaihdon edellytyksenä on oikein rakennettu tietomalli ja oikea aikainen mallintaminen. Aina tietomalli rakentaminen ei kuitenkaan onnistu peruseräiteiden mukaisesti, vaan joudutaan tekemään poikkeuksia, kuten Kuva 7 on esitetty. Jotta hankkeen muut osapuolet voisivat hyödyntää tietomallia tehokkaasti ja luotettavasti, tulee kaikista poikkeavuuksista pitää mallikohtaista dokumenttia, tietomalliselostusta. Poikkeavuuksien lisäksi tähän asiakirjaan sisältyy kuvaukset mallinnustavoista ja mallin tietosisällöstä. Lisäksi selostuksessa on syytä kertoa, mikä on mallin tarkkuus- ja valmiusaste ja mihin käyttöön malli on tarkoitettu [2 s.9], [5 s.7]. Tietomalliselostuksen avulla hankkeen muut osapuolet pystyvät etsimään ja suodattamaan tietoa huomattavasti nopeammin tietomallista. Tietomalliselostus toimii lisäksi hyvänä seurantaraporttina suunnittelutyöhön, kunhan raporttia päivitetään mallinnustyön edetessä muulloinkin kuin mallia luovutettaessa muille osapuolille. Esimerkkejä tietomalliselostuksissa on esitetty liitteissä 1 ja 2.

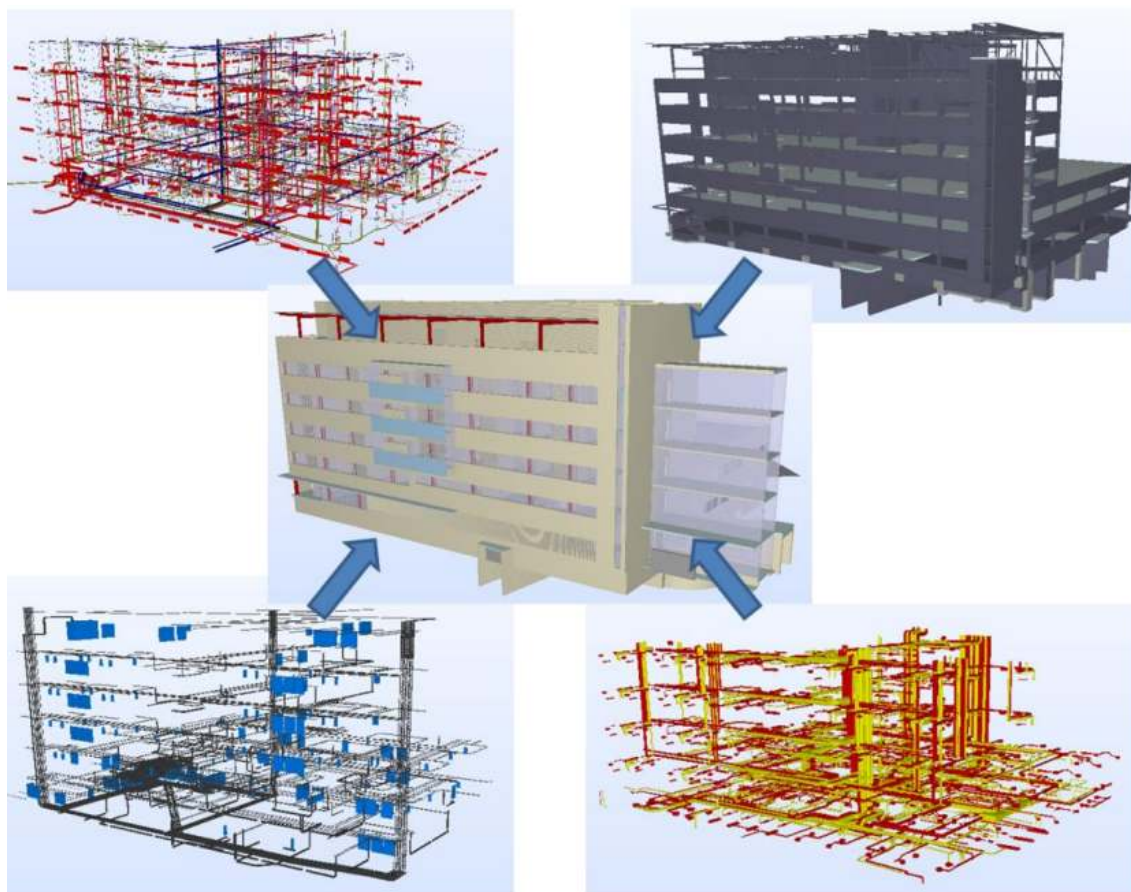
### 3.2.4 Mallin tarkastusmenetelmät ja laadunvalvonta

Tietomalli ja siihen liittyvät suunnitelmat tulee tarkistaa yrityksen laatujärjestelmän mukaisesti. Lisäksi tietomalli tulee tarkistaa YTV 2012 osan 6 esittämällä tavalla, ja suoritettua tarkastuksesta tulee liittää tietomalliselostukseen täytetty ja allekirjoitettu rakennemallin tarkastuslomake [5 s.7]. Laadunvarmistuksella pyritään parantamaan paitsi tietomallin teknistä tasoa, myös tuotettavien suunnitelmadokumenttien laatua. Suunnittelijan tulee ymmärtää, että tietomalliin syötetty tieto on sellaisenaan hankkeen muiden osapuolten käytössä, ja siksi sen on ehdottomasti vastattava suunniteltua. Tällöin tiedon vastaanottaja voi luottaa tiedon oikeellisuuteen ja hahmottaa suunnitelman sisältöä paremmin. Tiedonkulun parantuessa suunnittelu-prosessi tehostuu ja suunnitelmien väärät tulkinnat vähenevät. Keskenäisistä tietomallin osista on syytä tiedottaa projektin osapuolia, jotta suunnitelmiin osataan suhtautua varauksella. [6 s. 6-7]

Hankkeen osapuolten välisessä tiedonjaossa käytetään pääasiassa IFC-tietomallia. Natiivimallin käyttökin on mahdollista, mutta harvinaista johtuen eri ohjelmistojen rajoitteista käyttää toistensa tiedostomuotoja. Tästä syystä suunnittelijoiden tulee tarkistaa, että natiivimallin lisäksi myös IFC-malli on tarkoituksenmukainen. Tietomallin laatua voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta:

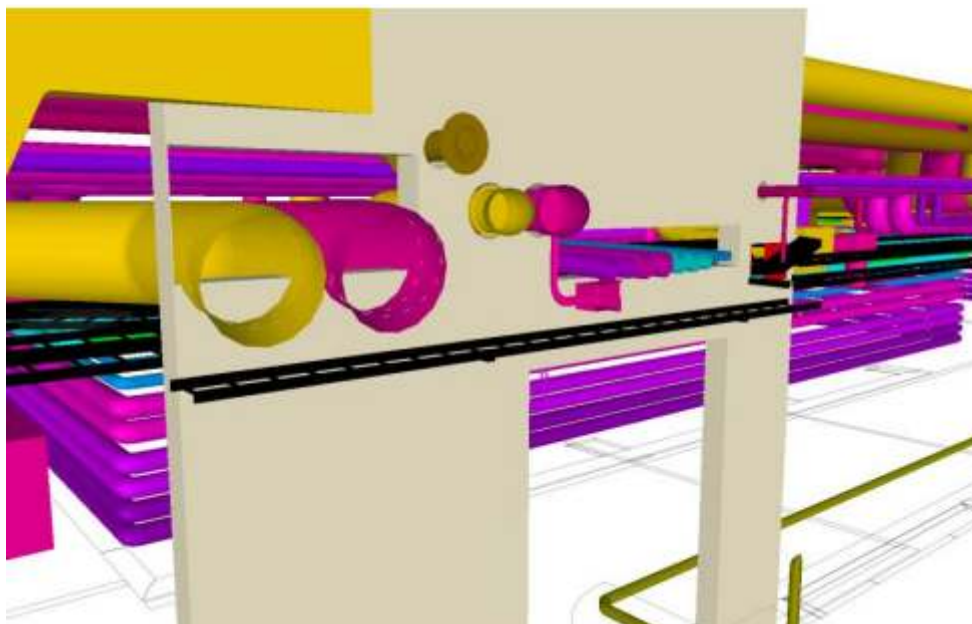
1. Onko tietomalli rakennettu teknisesti oikein?
2. Vastaako tietomallin tietosisältö sille asetettuja vaatimuksia suhteessa suunnitteluvaiheeseen?

Käytännössä tietomallia voidaan testata muodostamalla eri tietomalleista yhdistelmämalli, ja vertaamalla näin eri suunnittelualojen malleja toisiinsa. Tähän tarkoitukseen on saatavilla sekä maksullisia että maksuttomia ohjelmistoja, kuten Solibri Model Checker ja Model Viewer sekä Tekla Bimsight. Kuva 9 on havainnollistettu yhdistelmämallin muodostumista. [6 s.4-5]



**Kuva 9: Yhdistelmämallilla tarkoitetaan eri tietomalleista koottua mallia [6 s.6].**

Tietomallintamisen tehokkaaseen hyödyntämiseen ja etuihin liittyvät oleellisesti tietomallin ristiriidattomuus ja siitä seuraava virheettömyys. Suunnittelun edetessä ja tietomalleja yhdistettäessä yhdistelmämalliksi löytyy kuitenkin aina erilaisia yhteensopivuus ongelmia ja törmäilyjä eri suunnittelualojen mallien kesken. Suunnittelun alkuvaiheessa tällaiset ongelmakohdat ovat hyvin yleisiä, mutta suunnittelun edetessä ongelmallisten kohtien suunnitteluratkaisuja on vielä helppo muuttaa ja välttää kalliit työmaavaiheen suunnitelmamuutokset. Yhdistelmämallin tarkastelu on tehokas tapa tutkia suunnitelmien yhteensopivuutta ja hakea ratkaisuja hankaluuksia aiheuttaviin kohtiin ennen kuin ristiriidat ovat kasvaneet ongelmiksi. Kuvassa Kuva 10 esitetty törmäystarkastelu on yksi yhdistelmämallin tarkasteluun käytettävistä tavoista. [6]; [8]



Kuva 10 Yhdistelmämallille voidaan tehdä esimerkiksi visuaalisia ja törmäystarkasteluja

Törmäystarkastelussa testataan yhden tai useamman tietomallin osien yhteen-törmäyksiä. Ohjelmille voidaan antaa ennalta sääntöjä, mitä osia tulee ottaa huomi-oon tarkastelussa ja kuinka lähellä tietyn tyyppiset osat saavat olla toisiaan, jotta il-moitusta törmäyksestä ei synny. Tietomallin visuaalisella tarkastelulla tarkoitetaan yleisluontoista tietomallin tarkastamista, jonka suorittaa tietokoneen sijaan suunnit-telija. Tarkastuksessa pääpaino on geometrian yhteensopivuuden määrittämisessä silmämääräisesti. Rakennusosien ominaisuuksia pystytään myös tarkastelemaan vi-suaalisesti määrittämällä esimerkiksi osien väri tietyn ominaisuuden mukaan. Tällä tavalla on helppoa havaita poikkeavasti määritellyt kappaleet. [6]

Suunnittelijoiden tulee itse pitää huolta suunnitelmiensa laadusta, aivan kuten perinteisemmissä suunnittelumuodoissa. Tietomallin laatu vaikuttaa suunnittelijan omien dokumenttien laadun lisäksi myös suunnitteluryhmän tietojenvaihtoon ja edelleen muiden osapuolten suunnitelmien toteuttamiskelpoisuuteen, joten tietomal-lin on syytä olla kunnossa. Suunnittelijan tulee tarkastaa mallinsa säännöllisesti mahdollisten virheiden varalta, jotta muu suunnitteluryhmä ei epähuomiossa saisi virheellistä tietoa. Ennen suunnittelukokouksia suunnitteluryhmän osapuolten on varmistuttava omien ja omiin tietomalleihin liittyvien suunnitelmien yhdenmukai-suudesta. Yleensä tätä tarkistusta helpottaa, jos suunnittelijat ovat säännöllisesti tar-kistaneet tietomallinsa suhteessa muiden tietomalleihin. [6 s. 7-10]

Tilaajan kannalta laadukkaat tietomallit parantavat lopputuloksen laatua. Hei-koista suunnitelmista aiheutuvat lisäkustannukset lankeavat usein tilaajan maksetta-vaksi, joten laadukkaan tietomallintamisen vaatiminen on ennen kaikkea tilaajan etu. Tätä silmällä pitäen tilaajan tulee varmistua, että tietomallit ovat YTV 2012:n mukaiset ja laadukkaat. Tietomallintamisen yleistyminen onkin synnyttänyt uutta konsulttitoimintaa hoitamaan tätä toimenkuvaa. Tietomallikoordinaattori on tieto-

mallinnettavaan hankkeeseen nimetty taho, jonka tehtäviin kuuluu nimensä mukaisesti tietomallintamisen koordinointi. Tyypillisiä tehtäviä ovat:

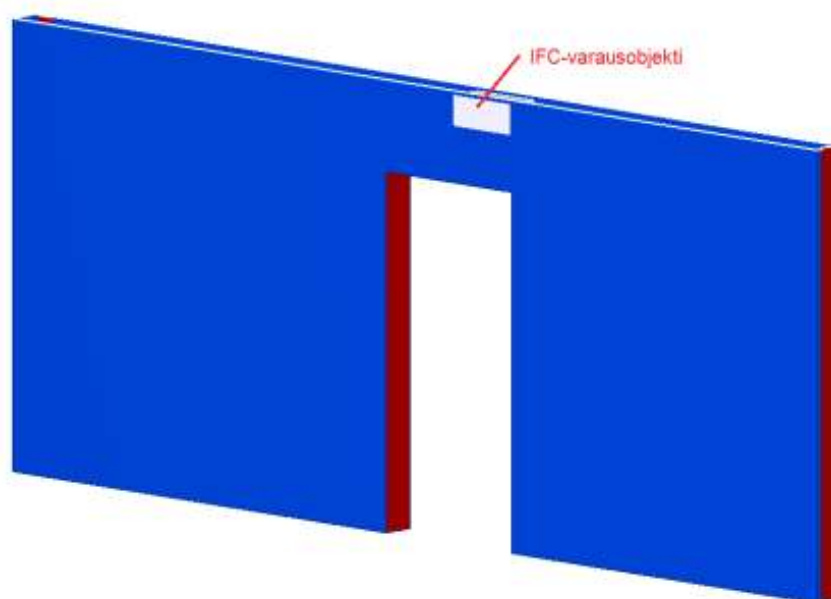
- Tietomallinnuksen tavoitteiden, päämäärien ja käytön laajuuden kuvaaminen.
- Mallinnustehtävien ohjeistaminen hankkeen osapuolille.
- Vastuiden ja velvollisuuksien selvittäminen suunnitteluryhmälle.
- Raportoi tietomallintamisen tilanteesta projektin osapuolia.

Tietomallikoordinaattorin tehtäviin voi kuulua myös yhdistelmämallien ja erilaisten laadunvarmistus toimenpiteiden suorittaminen. Luonteeltaan työ on hyvin teknistä ja vaatii tekijältään laaja-alaista kokemusta tietomallintamisesta. [2 s.10]; [14 s. 7]

### 3.2.5 Reikävarausten suunnittelu

Perinteisesti TATE eli talotekniikkasuunnittelijat ovat merkinneet tarvitsemansa reiät ja varaukset rakennesuunnittelijalta saamiinsa dwg -muotoisiin tasopiirustuksiin. Tietomallinnettavissa kohteissa reikäpiirustuksien teko, vastuualueet ja toimintatavat RAK- ja TATE -suunnittelijoiden välillä on sovittava projektikohtaisesti. Tekoprosessista tulisi sopia jo suunnittelusopimuksia tehtäessä, jotta hankkeen eri osapuolille ei tulisi yllätyksenä mahdolliset lisätyöt. Erityisesti tilaajan tulisi olla tilanteen tasalla, jotta kohteeseen parhaiten sopiva vaihtoehto saataisiin sovittua ja tarvittaessa testattua ohjelmistojen yhteistoiminta reikävarausten suunnitteluprosessia varten.

Reikä- ja varaussuunnittelussa TATE-suunnittelija toimittaa rakennesuunnittelijalle reikävaraustiedoston, joka sisältää tiedon järjestelmien vaatimista rei'istä ja kolouksista. Reikävaraustiedosto ei saa sisältää muita objekteja kuin IFC -varausobjekteja. Rakennesuunnittelijan tehtävänä on siirtää varausobjektit rakennemalliin ja tarkistaa reikien toteutuskelpoisuus. Mikäli toteutuskelpoista ratkaisua ei saada järjestettyä, täytyy rakenteita ja järjestelmiä suunnitella uudelleen, kunnes päädytään sopivaan lopputulokseen. Esimerkiksi kuvassa Kuva 11 rakennemalliin on tuotu TATE-suunnittelijan IFC-varausobjekti. [5 s. 15]



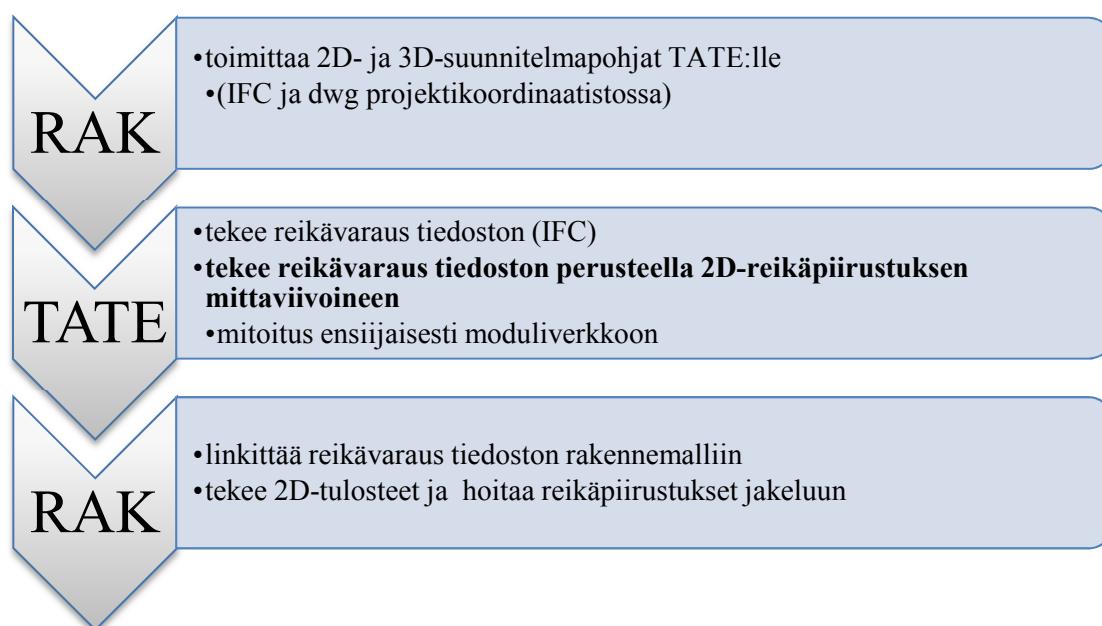
**Kuva 11** Tietomallipohjaisessa reikäpiirustusten tekoprosessissa käytetään reikävarausobjekteja. [5 s. 15]

IFC-varausobjektin tulee sisältää geometrian lisäksi tieto reikävarauksen tekijästä. Käytännössä TATE-suunnittelija lisää varausobjektiin suunnittelualan tunnuksen attribuuttitietona.[5 s. 15]

Tietomallinnetussa kohteessa voitaisiin periaatteessa luopua 2D-reikäpiirustusten käytöstä, jos eri osapuolet pystyisivät hyödyntämään tietomalleista saatavaa tietoa. Ongelmalliseksi hyödyntämisen tekevät hankkeeseen liittyvät osapuolet, jotka eivät ole sitoutuneet käyttämään tietomallia työtehtävissään. Tietomallista olisi saatavilla reikien ja varausten geometria ja sijainnit tarkasti, mutta mittaaminen vaatii luonnollisesti tietoteknistä osaamista ja ymmärrystä tietomallista.

Reikäpiirustusten tekoprosessiin on tarjolla vaihtoehtoisia toimintatapoja. YTV 2012 määrittelee reikäpiirustusten teon sovittavaksi projektikohtaisesti TATE ja rakennesuunnittelijan kesken. Toimintatavat poikkeavat hieman toisistaan. Kuvassa Kuva 12 on esitetty reikä- ja varaussuunnittelu YTV 2012 vaihtoehdon 1 mukaisesti.

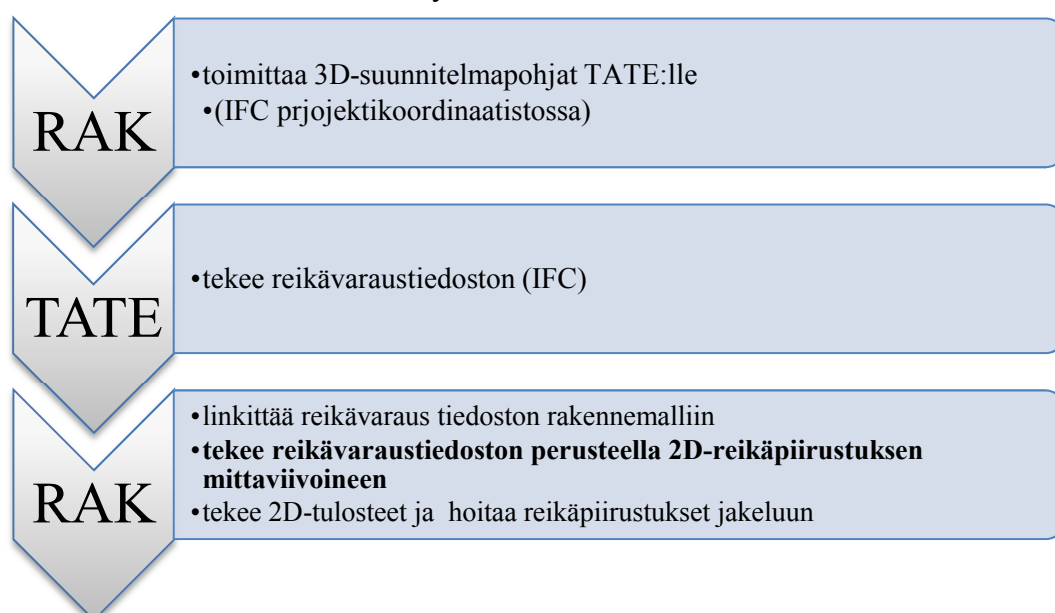




Kuva 12 Reikä- ja varaussuunnittelu YTV 2012 vaihtoehto 1 mukaan.

Vaihtoehto 1 muistuttaa perinteistä CAD-ohjelmistoilla tehtävää reikävaraus-suunnittelua. TATE:n vastuulla on normaalin suunnittelun lisäksi reikien ja varausten tunnistetietojen ja mittaviivojen lisääminen. Tässä vaihtoehdossa menetetään osa mallintamalla saavutettavista eduista, koska reikävarausten tunnistetiedot ja mittaviivat eivät ole linkittyneinä tietomalliin, vaan tieto haetaan erillisestä 2D-piirustuksesta. Muutokset tietomallissa aiheuttavat muutostarpeen myös reikäpiirustuksessa, joten suunnitelmiin muodostuu helposti ristiriitoja ja virheitä. Toisaalta tässäkin tapauksessa reikävarausten suunnittelu on havainnollisempaa kuin perinteisissä 2D-suunnittelumuodoissa. [5 s.16]

Vaihtoehto 2 on esitetty kuvassa Kuva 13

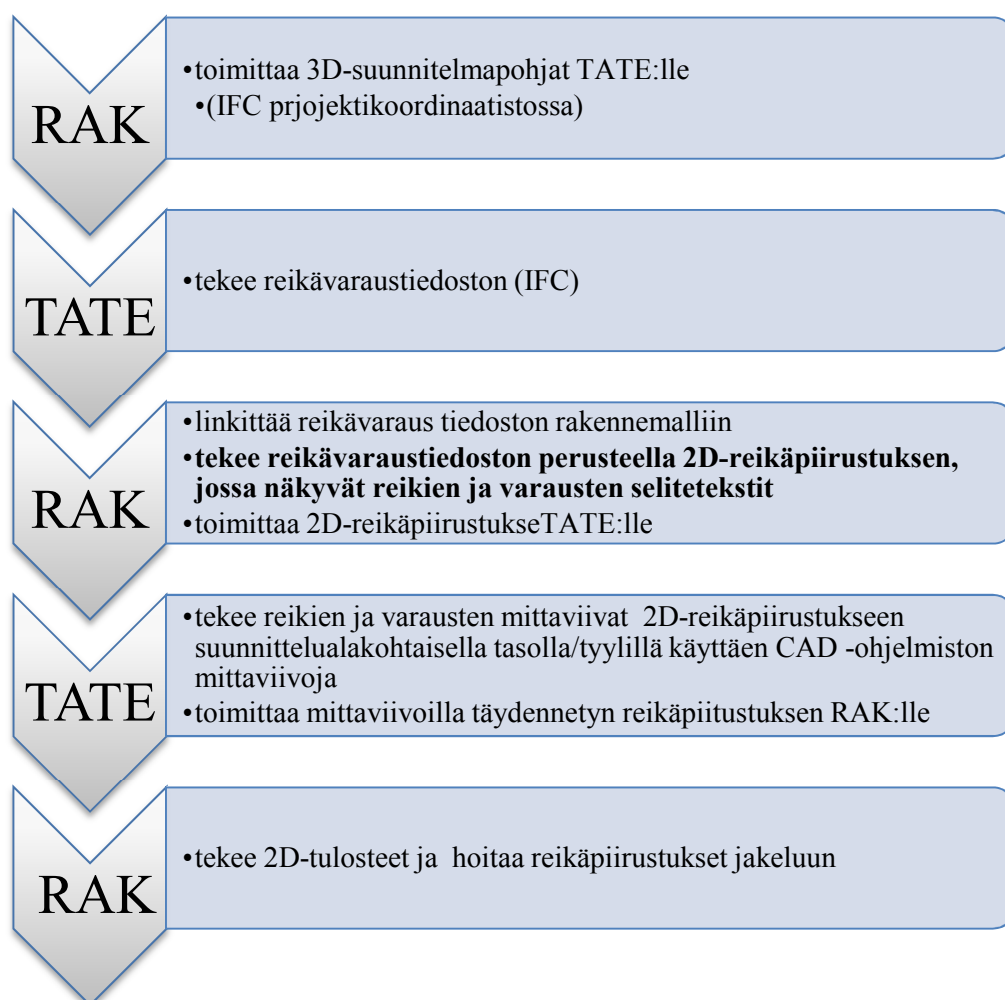




Kuva 13 Vaihtoehtoinen reikäpiirustusten tekoprosessi YTV 2012 mukaan.

Erona YTV 2012 ensimmäisen ja toisen vaihtoehdon välillä on vastuu reikävarausten merkitsemisestä. Vaihtoehdossa 2 vastuu on siirretty rakennesuunnittelijalle, jolloin reikävarauksia pystytään käsittelemään pidempään tietomallissa. Tieto TATE:n tarvitsemista läpivienneistä ja varauksista siirretään reikävarausmallia hyödyntämällä, ja lopulliset 2D-piirustukset mittoineen ja merkintöineen tehdään rakennemallista. Näin muutokset rakennesuunnittelijan tietomallissa päivittyvät myös reikäpiirustuksiin. Toisaalta muutokset rakennemallissa vaikuttavat todennäköisesti myös TATE:n reikävarauksiin, joten reikävarausmallia joudutaan myös muuttamaan.

Kolmannessa vaihtoehdoissa, joka on esitetty kuvassa Kuva 14 tekoprosessissa merkintä- ja mitoitustehtäviä on jaettu RAK ja TATE-suunnittelijoiden välille enemmän.



Kuva 14 YTV 2012:n tarjoama kolmas vaihtoehto reikäpiirustusten tekoprosessiin.

Kahdessa aikaisemmassa vaihtoehdossa 1 ja 2 merkitsemisvastuu oli jaettu vain toiselle suunnittelualalle. Tässä tapauksessa rakennesuunnittelijan vastuulle jää varmistaa reikävarausten tulostuminen 2D-piirustuksiin selite merkintöineen. Erona vaihtoehtoon 2, reikävarausten vaakamitoituksen hoitaa TATE-suunnittelija, jolloin

mittaviivat eivät ole linkittyneenä rakennemalliin. Muutokset RAK tietomallissa eivät tässä tapauksessa päivity automaattisesti reikäpiirustuksien mittaviivoihin ja reikäpiirustuksia voidaan joutua muokkaamaan erikseen.

YTV 2012:n tarjoamia vaihtoehtoja toimintatapoja voidaan muokata kohteeseen ja suunnittelijaryhmälle sopivaksi. Käytettävä vaihtoehto voi siis olla myös toisenlainen, jos projektissa on niin sovittu. [5 s.15-17]

### 3.2.6 Mallin julkaiseminen

Tietomallin julkaisemiseen käytetään usein IFC -tiedonsiirtoformaattia johtuen eri ohjelmien kyvyttömyydestä hyödyntää toistensa natiivimalleja. Mallien julkaisuajankohdat sovitaan projektikohtaisesti. Julkaisuajankohtaa kutsutaan tarkastus- tai julkaisupisteeksi. Mallin julkaisuun on annettu nelikohtainen ohjeistus YTV 2012:ssa [2 s.10]:

1. Malli julkaistaan tiettyyn käyttötarkoitukseen sopivana ennalta määrättyä ajankohtana .
2. Ennen julkaisua malli tulee saattaa julkaisukuntoon . Varsinaisen tietomallin lisäksi julkaistaan ainakin tietomalliselostus ja tarvittaessa muita dokumentteja, kuten rakennusselostus.
3. Julkaisukuntoinen malli erillisine dokumentteineen tulee tarkistaa YTV 2012 osan 6 Laadunvarmistus mukaisesti. Erityistä huomiota tulee kiinnittää mallin ja dokumenttien yhdenmukaisuuteen.
4. Malli julkaistaan ennalta määrättyssä formaatissa projektissa käytössä olevan tiedostojen jako kanavassa.

Julkaisun jälkeiset jatkotoimenpiteet riippuvat hankkeesta ja tietomallien käyttötarkoituksesta. Hanke on joka tapauksessa syytä aikatauluttaa siten, että mallin julkaisun jälkeen on riittävästi aikaa mallien tarkastamiseen, yhteensovittamiseen ja sovituihin analyyseihin. [2]

Mallin julkaisu ennalta määrättyissä julkaisupisteissä tarkistuksineen ja laadunvarmistustoimenpiteineen on kaikkiaan työläs prosessi. Julkaisupisteitä ei tästä syystä ole mielekäästä sopia tiheään. Suunnitteluosapuolilla on kuitenkin tarve jakaa suunnitteluun liittyvää tietoa myös julkaisupisteiden välillä ilman raskasta mallin julkaisuprosessia. Tietomalli voidaan jakaa muiden osapuolten käyttöön myös niin sanottuna työmallina, jota ei ole tarvetta tarkistaa yhtä tarkasti kuin julkaistavaa mallia. Tällöin mallia jakavan ja vastaanottavan osapuolen on tiedostettava työmalliin liittyvät rajoitukset. Työmalli voi sisältää esimerkiksi erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja yksittäiseen rakenneosaan, ilman, että muu malli on ajantasainen. Tällöin tulee kuitenkin varmistua, että tieto rajoituksista välittyy kaikille osapuolille, ja tämä hoituu selkeimmin liittämällä ajantasainen tietomalliselostus työmallin mukaan. [2 s.10-11]

Työmallin luonteeseen kuuluu olla ainakin osittain keskeneräinen. Törmäykset ja ristiriidat muiden suunnittelualojen mallien kanssa ovat yleisiä, mutta se ei kui-

tenkaan tarkoita, ettei malli saisi sisältää muita kuin suunnittelun keskeneräisyyteen liittyviä virheitä. [2 s.11]

### 3.2.7 Tietomallin luovutus

Tietomallin luovuttamisesta määrätään YTV 2012:sta seuraavasti. Suunnittelijoiden tulee luovuttaa tietomallit työn vaatimassa laajuudessa sekä IFC- että natiivimallina tilaajalle. Näiltä osin tietomallin luovuttaminen vastaa perinteisten suunnitteluasiakirjojen luovuttamista. Jos tietomallissa on käytetty mallinnusohjelmistosta johtuen erillisiä kirjastoja ja viittauksia kirjastoihin, tulee tietomallin mukana luovuttaa myös kaikki näihin liittyvät osat siten, että tietomallin sisältämä suunnittelu-tieto pysyy edelleen luettavissa. Usein tällaisiin kirjastoihin liittyy kuitenkin tekijänoikeuskysymyksiä, eivätkä suunnittelutoimistot mielellään jaa käyttämäänsä työpanosta muiden käyttöön vastikkeettomasti. Ongelmalliseksi tilanteen tekee se, että tilaaja maksaa tietomallista, jonka tulisi sisältää kaikki oleellinen rakennusta koskeva tieto. Tietomallin luovutuksesta varsinkin natiivimallina on syytä sopia jo suunnittelusopimuksia tehtäessä, jotta päästäisiin kaikkia osapuolia tyydyttävään ratkaisuun. [2 s.6-7]

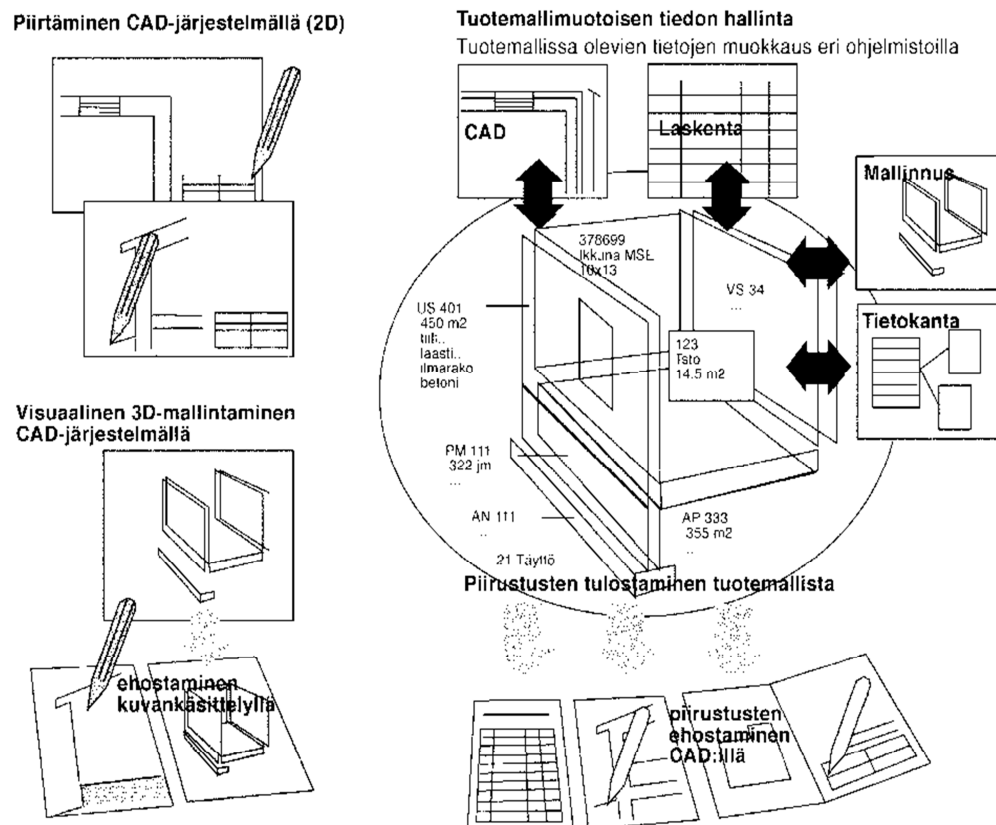
Rakennesuunnittelijan toimiessa kohteen elementti- ja/tai konepajasuunnittelijana, eikä suunnittelusopimuksissa ole muuta sovittu, tulee rakennusosien toteutus-suunnittelu mallintaa. Tarkkuudeltaan elementti- ja konepajamallien tulee vastata kohteessa mallinnettuja tyyppi- ja mallielementtejä sekä kokoonpanoja.

Toteutussuunnittelun kuulussa muulle kuin hankkeen rakennesuunnittelijalle, tulee tietomallin kehittämistä jatkaa rakennesuunnittelijalle kuuluvien rakenteiden osalta. Mallin luovuttamisesta muiden suunnittelijoiden käyttöön tulee sopia hankekohtaisesti. Esimerkiksi mallien jakamisesta, yhteensovittamisesta, yhteistyöstä ja yhdistelmämallin käytöstä on syytä tehdä kirjalliset sopimukset. [5 s.17]

Rakennushankkeen päätyttyä tietomallista tulee muokata ja luovuttaa toteutumamalli, jossa rakentamisen aikaiset muutokset on kirjattu tietomalliin. Rakennemallista tuotetut työkuvat työmaan tarpeisiin varmistavat yleensä rakennemallin ajantasaisuuden, joten rakennemallista ei yleensä ole tarvetta tehdä erillistä toteutumamallia. YTV 2012:ssa ei ole vaatimusta päivittää muuttuneita reikävarauksia rakennemalliin, ellei asiasta ole sovittu erikseen. [5 s.17]

## 3.3 Piirustusten tuottaminen

Piirustusten tehtävä on perinteisesti ollut siirtää suunnittelijan tarpeet ja toiveet projektin toisten osapuolten tulkittavaksi ja toteutettavaksi. Piirustuksiin on lisätty informaatiota tekstein ja erilaisten viivatyyppien avustuksella. Sekä piirustusten tuottaminen että tulkitseminen on vaatinut yhteisesti sovittuja sääntöjä, jotta kaikki tarpeellinen tieto olisi saatavilla helposti ja havainnollisesti. Tiettyjä asioita on tietoisesti korostettu tai jätetty esittämättä, jotta oleelliset asiat olisivat ihmisen tulkittavissa. Kuvassa Kuva 15 esitetään piirustuksien tuottamisen kehittymistä.



Kuva 15 Piiirustusten tuottaminen on tehostunut tietomallien käyttöönnoton myötä. [10 s.5]

Paperille piirtäminen on perinteisin tapa tuottaa piiirustuksia. CAD-järjestelmien yleistyttyä piiirustuksien muokkaaminen helpottui, ja piiirustuksista pystyttiin hakemaan tietoa, kuten viivojen pituuksia. Piiirustusten luonne ja ulkonäkö olivat kuitenkin vakiintuneet. Tavoitteena oli siirtää suunnitelman viesti piirtäjältä hankkeen muiden osapuolten tulkittavaksi. Ongelmalliseksi piiirustusten tulkitsemisen tekee kuitenkin se, että piiirustuksessa oleva tieto voi olla ristiriitainen toisen piiirustuksen välittämän tiedon kanssa. Tällöin viestin vastaanottajan on päätettävä, kumpaa piiirustusta tulkitaan tässä tilanteessa. Tietomallista tuotetut piiirustukset sisältävät vähemmän ristiriitoja, joten vastaavia tulkintaongelmia ei yleensä esiinny. [10]

Tietomallissa rakenteet tulisi mallintaa siten, että kaikki oleellinen tieto löytyisi mallista, eikä piiirustuksia tarvitsi muokata vastaamaan tarkoitettua. Ongelmalliseksi piiirustuksien tuottamisen mallista tekee piiirustuksissa esitettävän tiedon rajaaminen. Tietomäärä on huomattavasti suurempi kuin mitä on tarkoituksen mukaista esittää ja osasta kappaleista halutaan antaa paljon tietoa, kun taas toisista ei haluta kertoa kuin välttämättömin, kuten mitä viiva esittää. Joskus taas ei sitäkään. Perinteisessä suunnittelussa piiirustusten tuottaminen on ollut ensisijainen tehtävä ja tehokkain keino eri osapuolten väliseen viestintään. Tietomallin avulla piiirustusten lopullista tuottamista voidaan lykätä myöhemmäksi, koska tietomallien vertailu ja yhteensovittaminen on tehokkaampaa kuin perinteisten 2D-piiirustusten.

Piiirustusten ja näkymien tuottaminen voidaan jakaa karkeasti kolmeen tasoon

1. Alimmalla tasolla tietomallista voidaan tuottaa 2D-näkymiä, kuten tasopiirustuksia ja leikkauksia. Näitä näkymiä pystytään täydentämään lisäämällä manuaalisesti muun muassa tekstejä, viivatyylejä, -paksuuksia ja mittaviivoja. Muutokset tietomallissa vaikuttavat näkymään, mutta manuaalisen muokkauksen tarve joudutaan tarkastamaan tapauskohtaisesti.
2. Piirustuksia pystytään tuottamaan automaattisemmin luomalla erilaisia sääntöjä. Manuaalisen muokkaamisen tarve vähenee ja tietomallista pystytään tuottamaan dokumentteja tehokkaammin.
3. Korkeimmalla näkymätasolla erona kahteen alempaan on kahdensuuntainen näkymän muokkaus. Muutokset näkymässä päivittyvät myös tietomalliin, jolloin näkymien ja tietomallin välille ei jää ristiriitaa. Tällä tasolla pystytään myös hyödyntämään tason 2 mukaisia sääntöjä piirustusten muokkaukseen, joten manuaalisen muokkaamisen tarve vähenee.

Tuotettaessa näkymiä tietomallista tulee pyrkiä mahdollisimman automaattiseen näkymän muokkaukseen, vaikka ennalta määrättyjen asetusten tekemiseen kuluukin aikaa. Varsinaisen mallintamisen kannalta korkeinta näkymätasoa hyödyntävät näkymät ovat tehokkaimpia käyttää, ja siksi niitä tulisi suosia. [1 s. 48-52]

Paperisten suunnitelmien on ennustettu poistuvan ainakin osittain käytöstä lähivuosien aikana, jos tietotekniikka kehittyy niin halvaksi ja joustavaksi, että tietomallien laajamittainen käyttöönotto mahdollistuu myös työmaaolosuhteissa. Tällä hetkellä IFC-malleja pystytään tarkastelemaan kannettavien tietokoneiden lisäksi älypuhelimilla ja tablet-tietokoneilla työmaaolosuhteissa, kuten kuvassa Kuva 16. Tietomallien käyttö työmaaolosuhteissa on kuitenkin vahvasti riippuvainen urakoitsijasta. [1 s.311].



Kuva 16 Tietomallien katseluun ja kommentointiin on saatavilla tableteilla ja älypuhelimilla toimivia ohjelmia. [[7].

Tietomallien tarkastelemiseen ja kommentointiin on olemassa ilmaisia ohjelmia, kuten aikaisemmin todettiin kohdassa 3.2.4. Perinteisiä paperisia suunnitelmia ei siis välttämättä enää tarvittaisi, jos hankkeen kaikki osapuolet sitoutuisivat käyttämään ainoastaan tietomalleja.

## 4 CASE-KOHDE TESOMAN PALLOILUHALLI

### 4.1 Tesoman palloiluhalli

Tesoman palloiluhalli on Tampereen kaupungin Tesoman kaupunginosaan rakennettava urheiluhalli. Rakennuksessa on liikuntatilojen lisäksi katsomo ja kahvio. Kohteen rakennuttajana toimii Tampereen Tilakeskus Liikelaitos. Rakennustyöt on aloitettu kesällä 2015 ja hallin on määrä valmistua syysyksi 2016 palvelemaan koululaisten, urheiluseurojen ja muiden yhteisöjen liikuntatoimintaa. Palloiluhallista on esitetty arkkitehdin havainnekuva Kuva 17.



Kuva 17 Arkkitehdin havainnekuva Tesoman palloiluhallista. [15]

Hankeen pää- ja arkkitehtisuunnittelusta vastaa Arkkitehdit Kontukoski Oy, joka toimii myös kohteen tietomallinnuskoordinaattorina. Muita hankkeen suunnitteluosapuolia ovat

- LVI –insinööritoimisto Sol-Air Oy,
- Sähköinsinööritoimisto Pasi Sainio Oy,
- Sähkösuunnittelu Vahekoski Oy sekä
- Taratest Oy, joka vastaa geoteknisestä suunnittelusta. [15]

Tesoman palloiluhalli tulee sijaitsemaan Tesoman yhtenäiskoulun läheisyydessä ja on näin oleellinen osa alueen kehitystä.

## 4.2 Rakennesuunnittelun työnjako case-kohteessa

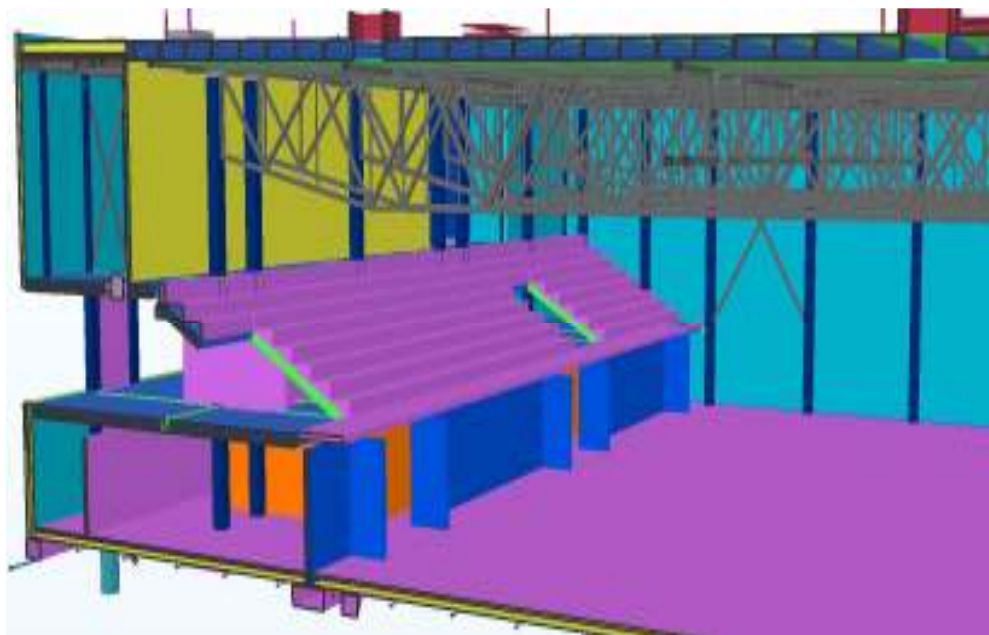
Tesoman palloiluhallin tietomallintaminen rakennesuunnittelun osalta oli tämän diplomityön painopisteessä. Mallintaminen kokonaisuudessaan kuului tutkijan vastuulle. Hanke ei kuitenkaan ollut yhden rakennesuunnittelijan varassa, vaan varsinaisesta kohteen rakennesuunnittelusta vastasi rakennusinsinööri Jari Karhe. Palloiluhallin rakennesuunnittelu-urakka on diplomityön tilaajayritykselle ensimmäinen tietomallinnusta vaatinut kohde. Aikaisempaa kokemusta tietomallintamisesta on kuitenkin hankittu toimiston sisäisistä pilottihankkeista, joiden puitteissa on perehdytty tietomallinnusohjelmistojen soveltuvuuteen asuinkerrostalojen rakennesuunnittelussa. Pilottikohteissa syntyneitä malleja ei kuitenkaan ole hyödynnetty määrärajojen ja kustannuslaskennassa, eikä mallia ole tarjottu mahdollisten ristiriitojen ja epätarkkuuksien takia työmaiden käyttöön. Varsinaiset viralliset suunnitelmat on siis toteutettu ennen tätä kohdetta perinteisesti 2D -piirustuksin.

## 4.3 Hankkeen eteneminen

Kohteen rakennesuunnittelun aloitus ajoittuu kevääseen 2014, jolloin myös tutkijalle tarjottiin mahdollisuutta diplomityön tekemiseen tietomallintamiseen liittyen. Varsinainen hankkeen suunnittelu oli kuitenkin aloitettu jo paljon aikaisemmin. Esimerkiksi hankkeen tarveselvitys on hyväksytty Tampereen kaupungin sivistys- ja elämälaatu palvelujen lautakunnassa 17.11.2011.

Hankkeen mallintaminen aloitettiin rakennesuunnittelun osalta syksyllä 2014. Ensimmäiset tietomallien yhteensovitukset tiedonvälittymisen varmistamiseksi suoritettiin jo ennen varsinaisen mallintamisen aloitusta. Eri suunnittelualojen tietomalleihin mallinnettiin niin sanotut kohdistuspilarit, joiden avulla haluttiin varmistaa rakenteiden ja järjestelmien sijoittuminen oikeaan koordinaatistoon. Mallien yhteensovittamisen yhteydessä julkaistiin ajantasaiset tietomalliselostukset LIITE 2 Yleiset tietomallivaatimukset 2012 mukaisesti.

Projektin alussa määritettiin tavoitteita sekä yrityksen sisäiselle toiminnalle että ulospäin viestinnälle. Yrityksen sisäisesti sovittiin, että tietomallintaminen toimii rakennesuunnitelmien julkaisukanava siinä määrin kuin se on tehokasta ja tarkoituksen mukaista. Esimerkiksi leikkaus- ja detailjipiirustukset päätettiin toteuttaa perinteisin 2D-suunnitelmin. Osasyynä tähän liittyi epävarmuus näkymien muokkaus tarpeesta, vaikka itse mallintaminen olisikin onnistunut vastaamaan suunnittelijan näkemystä. Käytännössä tietomallista haluttiin tuottaa tasopiirustuksia, ja tietomallin tarkkuuden tuli vastata tätä tarvetta. Kuvassa Kuva 18 on esitetty otos palloiluhallin rakennemallista.



Kuva 18 Tesoman palloiluhallin rakennemalli

Lisäksi sovittiin, että tutkija tekee käytännön mallintamisesta päiväkirjamaisia muistiinpanoja. Näiden avulla pyrittiin havaitsemaan mahdollisia erityispiirteitä, jotka liittyvät tietomallinnettavaan hankkeeseen ja erityisesti tietomallintamisen etenemiseen. Taka-ajatuksena oli myös tietomallintamisen laajamittaisemman käyttöön oton ohjeistaminen yrityksessä. Tätä tarkoitusta varten tutkija kirjasi rakenteiden mallintamiseen liittyvää käytännönläheistä ohjeistusta, joka osaltaan otti kantaa haasteellisiksi koettuihin työvaiheisiin. Ohjeistusta tutkija täydensi tekemällä mallintamiseen liittyviä opetusvideoita, joihin perehtymällä yrityksen muut työntekijät voisivat oppia käyttämään käytettävää mallinnusohjelmistoa. Sekä ohjeistus että opetusvideot ovat luonnollisesti vain yrityksen työntekijöiden käytössä, joten niitä ei esitellä tässä työssä. Tietomallintamalla saavutetuista hyödyistä ja haasteista yleisellä tasolla on kerrottu kappaleessa 5.

Reikävaraus suunnittelu toteutettiin YTV 2012 osa 6:n vaihtoehdon 2 mukaisesti marras-joulukuussa 2014. Valmiit tietomallit luovutettiin hankkeen tilaajalle helmikuussa 2015, jolloin hanke myös siirtyi urakkalaskentavaiheeseen.

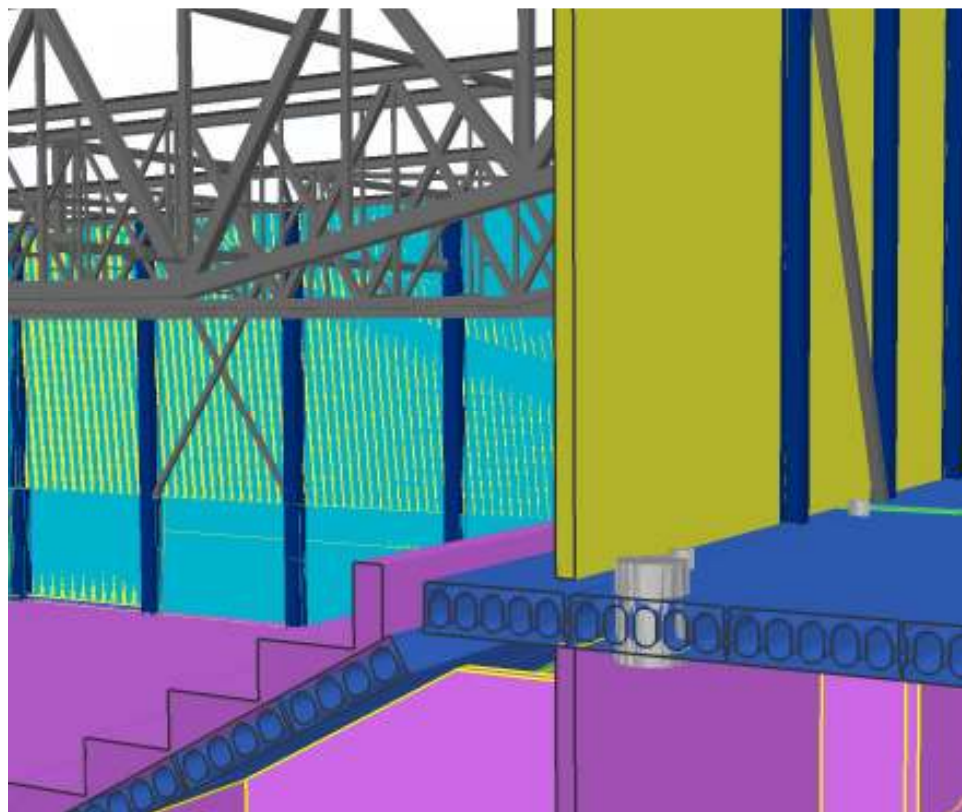
#### 4.4 Reikävarausten suunnitteluprosessi

Kohteen reikävaraus suunnittelu toteutettiin YTV 2012 osa 6:n vaihtoehdon 2 mukaan. Tutkija (rakennesuunnittelija) toimitti rakennemallin IFC-tiedostona TATE-suunnittelijoille, jotka suorittivat tarvittavat törmäystarkastelun tietomallien välillä. Tarkastuksen pohjalta TATE-suunnittelijat merkitsivät järjestelmiensä vaatimat reiät ja varaukset IFC-reikävarausmalliin, joka toimitettiin rakennesuunnittelijalle. Malli sisälsi ohjeistuksen mukaisesti ainoastaan reikävarauskappaleita, joille TATE-suunnittelija oli määrittänyt käyttötarkoituksen, profiilin ja sijainnin.

Reikävarausten suunnittelun tukena tutkija käytti Hole Reservation Manager-lisäosaa, joka on ladattavissa ilmaiseksi Tekla Structures-ohjelmaan. IFC -



reikävarausmalli tuotiin rakennemalliin referenssitiedostona, jolloin voitiin varmistua mallin muuttumattomuudesta rakenteita muokattaessa. Lisäosan avulla rakennesuunnittelija pystyi hallinnoimaan reikävarausobjektien tilaa listauksen avulla. Reikävarausobjektien sijainnit oli helppo tarkastaa mallista visuaalisesti. Kuvassa Kuva 19 on esitetty reikävarausobjektien näkyminen rakennemallissa harmaina kappaleina.

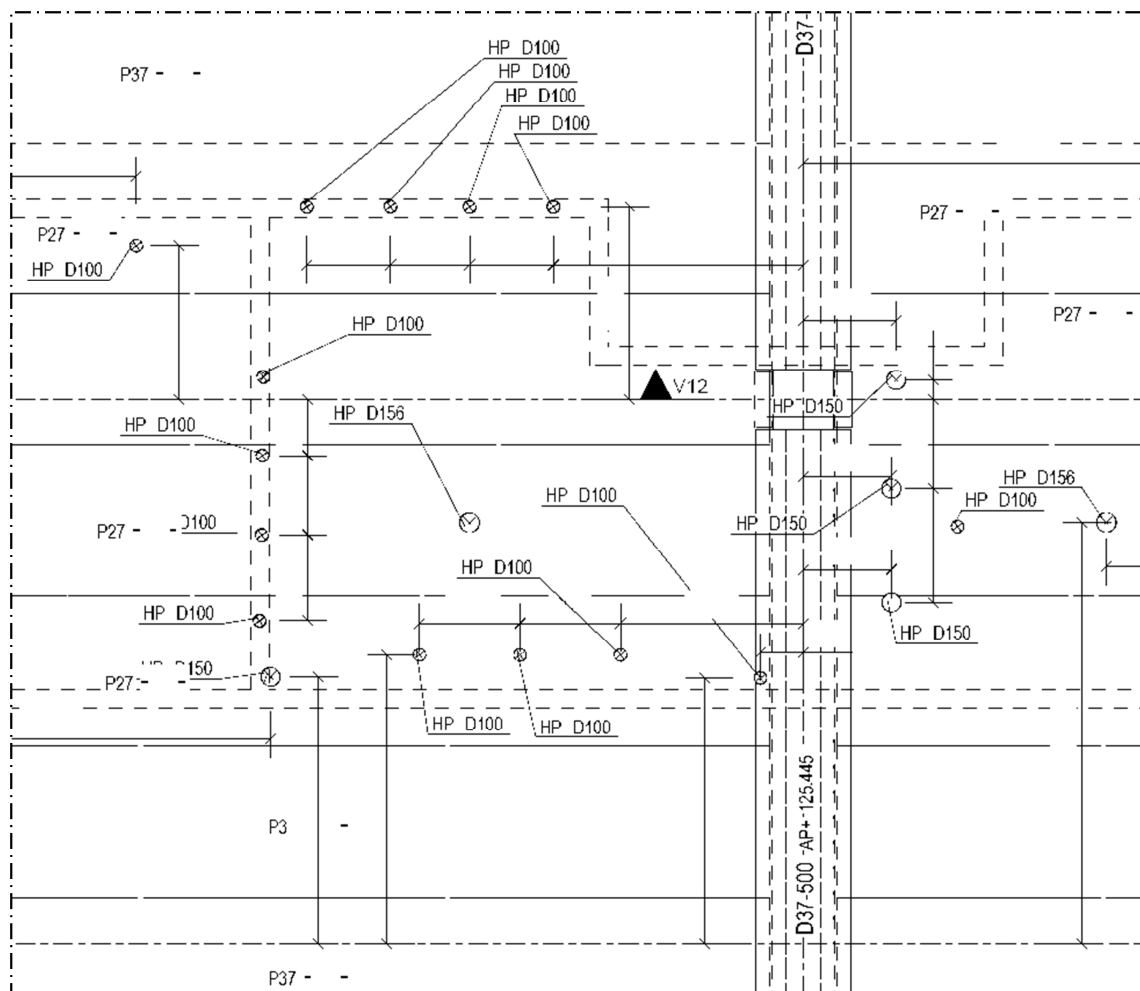


**Kuva 19 TATE:n IFC-reikävarausmalli tuotiin referenssimallina rakennemalliin.**

Tätä työvaihetta varten lisäosassa oli myös ominaisuus, jolla yksittäisestä reikävarauksesta ja sen leikkaamista rakenneosista saatiin erillinen näkymä tukemaan tilanteen hahmottamista. Reikiä pystyttiin hyväksymään, hylkäämään ja kommentoimaan tarpeen mukaan.

Hyväksyttyään referenssimallin reikävaraukset tutkija kopioi varaukset rakennemalliin. Käytännössä tämä tapahtui lisäosan rei'itys ominaisuuden avulla, joka loi reikävarausobjektien kohdalle vastaavan objektin Teklan työkaluilla. Näin luodulla Teklan natiiviobjektilla leikattiin tämän jälkeen rakennemallin objekteja, jolloin reiät siirtyivät rakennemalliin todellisina reikinä ja varauksina.

Reikäpiirustusten tuottaminen kuului vaihtoehtoon 2 mukaisesti rakennesuunnittelijalle, ja käytännön toteutuksesta vastasi tutkija. Rakennemalliin luotiin piirustusnäköymä, jota täydennettiin tarvittavilla reikien tyyppitiedoilla ja mittaviivoilla. Kuvassa Kuva 20 on esitetty ote palloiluhallin välipohjan reikäpiirustuksesta.



Kuva 20 Ote perinteisestä 2D-reikäpiirustuksesta, johon rakennesuunnittelija on merkinnyt reikien tyyppitiedot ja vaakamitoituksen.

Näkymästä tuotettiin reikäpiirustukset sekä pdf- että dwg -tiedostomuodoissa, koska työmaan arveltiin haluavan reikäpiirustukset paperisen dokumentin lisäksi tyypillisinä 2D-CAD-piirustuksina.

## **5 KOKEMUKSIA CASE-KOHITEESTA**

### **5.1 Tutkimustulosten analysointi ja luotettavuus**

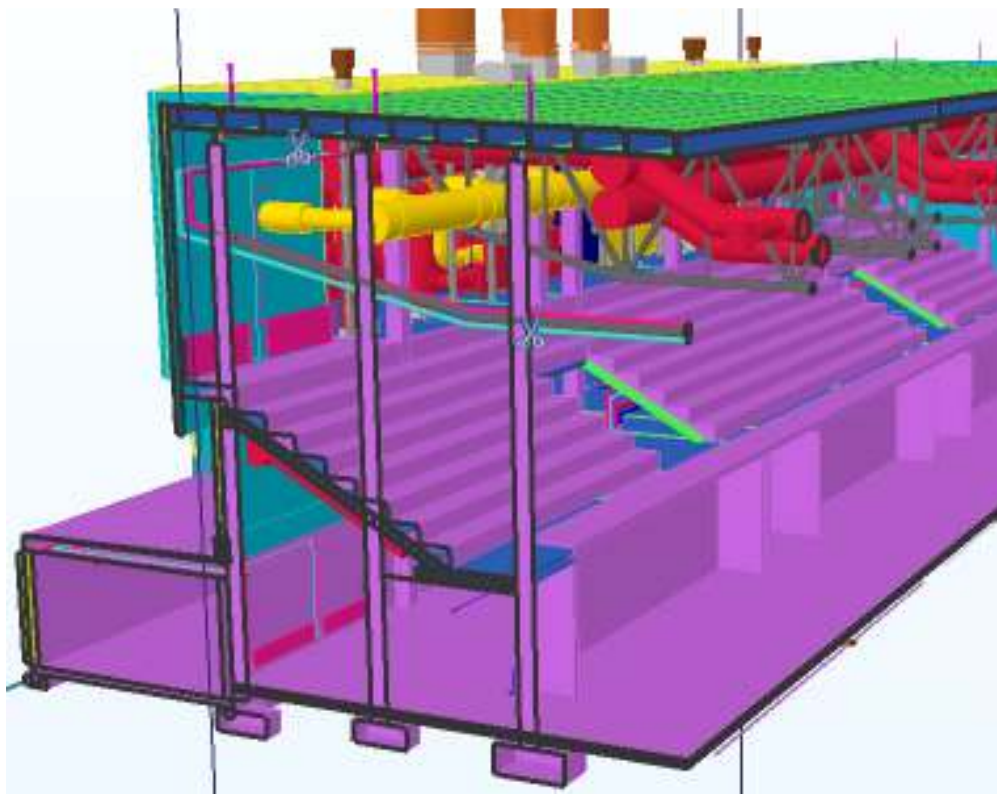
Case-kohteesta saadut tutkimustulokset ovat tutkijan tekemiä havaintoja tietomallintamisesta. Tästä syystä tutkimustulokset vastaavat vain tässä kyseisessä kohteessa havaittuja hyötyjä ja haasteita yhden rakennesuunnittelijan (tutkijan) näkökulmasta. Tulokset eivät siis ole helposti yleistettävissä koskemaan kaikkia tietomallinnettuja kohteita. Toisaalta hyvin samanlaisiin tuloksiin olisi mahdollista päästä, jos jokin toinen yritys mallintaisi vastaavanlaisen hankkeen.

Tutkimustulokset tietomallintamisella saavutetuista eduista ja kohdatuista haasteista on koottuna kahteen seuraavaan kappaleeseen.

### **5.2 Tietomallinnuksella saavutetut edut**

Suunnitelmien yhteensovittaminen suunnitteluryhmän muiden osapuolten kesken koettiin suurimpana saavutettuna hyötynä. Hankkeen pääsuunnittelijan vastuulle kuului erisuunnittelualojen tietomallien vertailu. Käytännössä rakennesuunnittelija ja muut osapuolet toimittivat ajantasaiset IFC-mallit pääsuunnittelijalle, joka teki malleille muun muassa törmäystarkastelut ja visuaalista tarkastelua. Tehdyistä tarkastuksista pääsuunnittelija julkaisi alakohtaiset raportit, joiden mukaan suunnitteluryhmä ryhtyi ratkaisemaan ongelmakohtia.

Tietomallista tuotettiin dokumenttien suhteen ristiriidattomia suunnitelmia, joiden yhteensopivuutta muiden suunnittelualojen kanssa pystyttiin tarkastelemaan suunnittelun edetessä. Kuvassa Kuva 21 on havainnollistettu TATE:n tietomallin ja rakennemallin rakennusosien visuaalista tarkastelua.



Kuva 21 TATE:n tietomallit voidaan tuoda referenssimallina rakennemallin taustalle, jolloin voidaan varmistua suunnitelmien yhteensopivuudesta suunnittelun edetessä.

Tietomallin visuaalisuutta hyödynnettiin myös määrittelemällä kappaleiden värit attribuuttitietojen mukaan vaihtuvaksi. Yllä olevassa kuvassa on määrittämisnä käytetty tekotapaa. Paikalla valettavaksi määritellyt kappaleet on määritetty väriltään violetiksi ja betonielementit tummansinisiksi. Visualisoinnin avulla huomattiin, että elementtipilarit oli virheellisesti määritetty paikalla valetuiksi. Ristiriidattomuudesta oli myös apua rakenneratkaisuiden muuttuessa, kun suunnittelijan ei tarvinnut tarkastaa muutoksen aiheuttamaa vaikutusta erikseen jokaisesta tekemästään suunnitelmasta. Suunnittelija pystyi luottamaan tietomallin oikeellisuuteen ja suunnitelmiensa ajantasaisuuteen, kun tietojen vaihtoon ei käytetty erillisiä 2D-dokumentteja. Viralliset paperipiirustukset tuotettiin tietomallista vasta urakkalaskentaa varten, joten ylimääräistä suunnitelmien tulostamista oli vähemmän kuin perinteisen 2D-suunnittelun tietojenvaihdossa.

Hankkeessa käytettiin tietomalleja myös alustavassa kustannuslaskennassa. Rakennesuunnittelijaan tämä vaikutti esimerkiksi toimenpiteenä, jossa kalliiseen ristikkoratkaisuun johtaneista aurinkopaneeleista luovuttiin korkean kustannusvaikutuksen seurauksena. Aurinkopaneelit olisivat lisänneet lumen kinostumista katolle, jonka seurauksena kattoristikoihin kohdistuvat kuormitukset olisivat lisääntyneet. Jättämällä aurinkopaneelit pois katolta lumikuormat saatiin pidettyä siedettävänä ja säästöä syntyi huomattavasti teräsristikoiden pienemmällä materiaalimenekillä. Katopaneelien hankintaa ei olisi pystynyt perustelemaan ekologisuudella, koska järjestelmän takaisinmaksuaika olisi ollut likimain sama kuin järjestelmän käyttöikä.

### 5.3 Kohteessa havaitut haasteet

Mallintaminen Tekla Structures ohjelmalla vaatii perinteisiin piirto-ohjelmiin tottuneelta suunnittelijalta totuttelua. Esimerkiksi seinien mallintaminen aiheutti haasteita, kun ohjelman toimintalogiikka ei aina auennut ensi yrittämällä. Lisäksi arkkitehdin dwg-pohjien päälle piirtämiseen tottunut tutkija ei saanut heti selvää kuvaa referenssitiedostojen käytöstä.

Ohjelman tarjoamat valmiit liitoskomponentit toimivat kohtuullisesti, lisäten kuitenkin runsaasti turhaa detaljikkaa liitoksiin, vaikka varsinaisia liitoksia ei ollutkaan vielä suunniteltu. Tietomallista sai helposti mielikuvan, että suunnitelmat ovat osin keskeneräiset, mutta suunnitteluvaiheeseen kuulumattomien yksityiskohtien suunnitteluun on käytetty aikaa. Käytännössä detaljeita jouduttiin poistamaan manuaalisesti liitostyökalujen käyttämisen jäljiltä, jotta tietomalliin ei jäisi virheellistä suunnittelematonta tietoa.

Leikkauspiirustusten tuottaminen perinteisillä menetelmillä helpotti tutkijan tietomallintamista, varsinkin kun kohteen rakennesuunnittelija suunnitteli ja piirsi leikkaukset valmiiksi ennen varsinaista mallintamista. Toisaalta ne myös tekivät mallintamisesta haastavaa, koska ristiriitoja syntyi helposti eri suunnitelmien välille.

Tietomallia käytettiin erilaisten suunnitelmavaihtoehtojen visuaaliseen vertailuun. Vaihtoehtojen tekeminen itsessään oli hyvin helppoa, mutta ongelmaksi muodostui tiedostojen hallinta. Jokaista vaihtoehtoa varten jouduttiin tietomalli tallentamaan vaihtoehtoa kuvaavalla nimellä, jolloin tietomallien määrä kasvoi nopeasti. Mallintamista muiden rakenteiden osalta tuli tällöin välttää, jotta työtä ei tehtäisi turhaan. Ongelma korostui entisestään, jos ratkaisuun ei päästy nopeasti.

Vaikka reikävarausuunnittelussa tietomallin edut pääsivätkin parhaiten esille, ei suunnittelu ollut aivan ongelmaton. Hole Reservation Manager-lisäosaa oli päivitetty toimimaan yhdessä uuden Tekla Structures-ohjelman kanssa, minkä seurauksena lisäosa ei tunnistanut kuin suorakaiteen muotoiset reiät. Ongelma saatiin korjattua muutamassa päivässä ohjelmiston tarjoaman teknisen tuen avustuksella.

Ongelmia aiheutti myös vakiintuneiden käytäntöjen puuttuminen, sillä reikävarauskappaleiden yksilöintitunnisteet muuttuivat suunnittelun edetessä ja tästä johdettua rakennesuunnittelija joutui käymään reikävarauskappaleet useampaan otteeseen läpi. Reikäpiirustusten tuottaminen, johon kuului reikien sekä varausten tyyppitietojen lisäys ja vaakamitoituksen tekeminen aiheutti hieman ylimääräistä työtä, jonka ei pitäisi kuulua rakennesuunnittelijalle, mutta koska mallia käytettiin reikävarauksen pohjana muutenkin, todettiin työn soveltuvan parhaiten rakennesuunnittelijalle.

Reikäpiirustuksia tuottaessa huolenaiheeksi nousi vastuiden jakautuminen TATE- ja rakennesuunnittelijan välillä. Rakennemallista tuotetut pdf-dokumentit toimivat kohteen virallisina reikäpiirustuksina, eikä TATE-suunnittelija suostunut tarkastamaan merkintöjen oikeellisuutta. Ristiriitojen ilmetessä olisi verrattu pdf-dokumenttia IFC-reikävarausmalliin. Tämä koettiin rakennesuunnittelijoiden kannalta ongelmalliseksi, koska monimutkaisessa kohteessa reikiä voi olla hyvinkin

monissa korkoasemissa. Piirustuksien tuottamisessa ilmenee näin ollen helposti ongelmia, kun kaikki reiät täytyisi merkitä piirustuksiin, mutta mikään reikä ei saisi olla leikkaantunut kahta kertaa. Tässä kohteessa haaste ratkaistiin laskemalla reikien lukumäärä piirustuksista ja vertaamalla sitä IFC-reikävarausobjektien lukumäärään.

Piirustusten tuottaminen osoittautui erityisen työlääksi. Oman hankaluutensa aiheutti reikäpiirustusten tuottamistakin vaivannut kappaleiden poikkeavasta korkoasemasta johtuva esitystapa. Esimerkiksi anturoiden poikkeavat korot olivat selkeitä mallintaa, mutta piirustusten tuottaminen työlästä, johtuen leikkaustason määrittämisestä. Perustuksien tasopiirustukset on perinteisesti esitetty suorana kuvauksena, jolloin rakenteita ”katsotaan” ylhäältä alaspäin. Leikkaustasolla määritetään korkoasema, jonka edessä näkyvät rakenteet esitetään. Luiskattujen perustusten tapauksessa leikkaustaso joudutaan määrittämään ylimmän anturatasen yläpuolelle, jotta kaikki perustusrakenteet näkyisivät piirustuksessa. Samalla kuvataso leikkaa muitakin rakenteita kuten sokkeleita, seiniä ja lattiaa. Piirustuksia jouduttiin muokkaamaan runsaasti manuaalisesti, jotta dokumenteista saatiin perinteisen suunnittelumenetelmän tapaisia.

Aikataulullisesti kohteen tietomallintaminen oli ennalta arvattavissa, johtuen yrityksen aikaisemmista pilottikohteista. Piirustusten tuottamisen vaatima aikataulu laadittiin kuitenkin liian optimistisena. Osasyynä tähän oli varmasti oletus piirustusten tuottamisen helppoudesta. Todellisuudessa pelkkään piirustusten tuottamiseen tietomallista käytettiin enemmän aikaa kuin mitä perinteisillä 2D-CAD-piirtotyökaluilla uudelleen piirtämiseen olisi mennyt. Tällaista vertailua ei tosin kannata ottaa ainoana totuutena, sillä suuri osa työajasta kului uusien toimintojen opetteluun ja asetusten muokkaamiseen. Kun piirustusten tuottamiseen käytetyt asetukset tehtiin tätä hanketta silmällä pitäen valmiiksi, ovat ne käytössä myös seuraavissa hankkeissa.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 6.1 Tulosten arviointi suhteessa tutkimustavoitteisiin

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia tietomallintamisen hyötyjä ja haasteita sekä kirjallisuuden että case-kohteen avulla. Toisena tavoitteena tutkimuksessa oli selvittää tietomallintamisen periaatteita rakennesuunnittelussa. Kirjallisuuskatsauksessa käsiteltiin tietomallintamista yleisellä tasolla hankkeen eri osapuolten näkökulmasta. Case-kohteesta saadut kokemukset tukevat kirjallisuudessa esitettyjä faktoja tietomallintamisen hyödyntämisestä ja mahdollisesti kohdattavista haasteista.

Tutkimuksessa tutkittiin yhden case-kohteen tietomallintamista yhden rakennesuunnittelijan näkökulmasta. Jos hankkeessa olisi ollut tutkijan lisäksi muita rakennesuunnittelijoita mallintamassa kohdetta, olisi kohdatut hyödyt ja haasteet voineet olla hyvinkin erilaisia. Tuloksien yleistämiseen tulee tästä syystä suhtautua varauksella.

### 6.2 Tutkimustulosten arviointi

Tietomallintaminen on tehokas ja ennen kaikkea tervetullut viestintä- ja tietotekninen mahdollisuus, joka tulee mullistamaan rakennusalaan. Sen hyödyt ovat helposti havaittavissa, mutta hyödyntämiseen liittyy myös haasteita. Tietomallien jakaminen projektin muiden osapuolten käyttöön tekee mallin käytöstä ja viestinnästä tehokasta ja havainnollista. Tietomallien avulla pystytään tekemään nopeasti erilaisia analyyseja ja visuaalisia tarkasteluita, joilla varmistetaan suunnitelmien yhteensopivuus ja ristiriidattomuus. Lisäksi pystytään vertaamaan tietomallin suunnitteluratkaisua ennalta asetettuihin tavoitteisiin. Kokonaiskuvan hahmottaminen on myös yleensä helpompaa kolmiulotteisesta mallista.

Tietomallintamisen tehokkuus pohjautuu tiedon sijoittamiseen yhteen paikkaan. Tämä takaa tietomallin ristiriidattomuuden. Dokumenttien tuottaminen tietomallista vähentää ristiriitoja verrattuna perinteisiin 2D-suunnitelmiin, joissa tieto on hajautettuna useaan eri lähteeseen. Suunnitteludokumenttien tuottaminen tietomallista on myös perinteisiä menetelmiä tehokkaampaa. Erot perinteisten menetelmien ja tietomallintamisen välillä korostuvat kun suunnitelmia joudutaan muuttamaan. Toisaalta suuresta osaa perinteisistä dokumenteista voitaisiin luopua, jos hankkeen kaikki osapuolet olisivat täysin sitoutuneita tietomallien käyttöön. Tähän tilanteeseen on kuitenkin vielä matkaa ja nyt meneillään olevassa välivaiheessa on välttämätöntä tuottaa perinteisiä suunnitteludokumentteja.

Tietomallintaminen vaatii selkeitä sääntöjä ja koordinoitua. Ilman tietomalliselostuksia ja muuta suunnittelun dokumentointia menetetään suuri osa tietomallintamisen hyödyistä. Tietomallin tietosisällön tulee olla oikein, jotta hankkeen eri osapuolet pystyvät luotettavasti hyödyntämään tietomalliin sisällytettyä tietoa. Jos tästä periaatteesta tingitään, ei tiedon vastaanottaja välttämättä löydä tarvitsemaansa tietoa, tai pahimmassa tapauksessa käyttää väärää tietoa työskentelyssään.

Tiedon sijoittaminen tietomallille tyypilliseen tapaan aiheuttaa myös haasteita. Tiedostokoot kasvavat huomattavasti lisättäessä tietomalleihin tietoa, mikä puolestaan hidastaa ohjelmien käyttöä. Erilaisten suunnitelmavaihtoehtojen tekeminen on nopeaa, mutta tällöin joudutaan eriyttämään tietomalli vaihtoehtoisiksi tietomalleiksi. Mallin eteenpäin työstäminen ennen parhaan vaihtoehdon valintaa on näin ollen ongelma, kun halutaan välttää turhaa työtä.

Tietomallien tekninen yhteensopivuus voi myös olla ongelma, vaikka alalle onkin sovittu yleinen tiedonsiirto formaatti IFC. Ohjelmista julkaistaan vuosittain uusia versioita ja vanhoihin versioihin on saatavilla päivityksiä. Ohjelmien yhteensopivuudesta ei voida olla varmoja ennen tiedonsiirron testaamista. Tilanne voi myös muuttua hankkeen aikana, joten suunnittelijan tulee tarkastella ohjelmien ja mallin toimintaa aktiivisesti työnsä ohessa. Tämä koskee erityisesti tietomallipohjaista reikävaraussuunnittelua. Nämä haasteet tuleekin ratkaista hankekohtaisesti, koska suunnitteluryhmien kokoonpano vaihtelee projektikohtaisesti.

### 6.3 Jatkotutkimuskohteet

Tässä tutkimuksessa tietomallintamista kuvattiin hyvin yleisellä tasolla. Madollisia jatkotutkimuskohteita voisivat olla työntekijöiden perehdyttäminen mallintamiseen ja sen mukaan tuomiin muutoksiin suunnittelutyöskentelyssä. Esimerkiksi tietomallinnettavan hankkeen suunnitteluaikataulu poikkeaa perinteisistä suunnittelumuodoista. Mallintamiseen siirtyminen ei tapahdu hetkessä, eikä varsinkaan kaikissa yrityksissä samalla tavalla.



## LÄHTEET

- [1] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2011. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owner, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. 638 p.
- [2] Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 1. Yleinen osuus [WWW] COBIM-hankkeen osapuolet. 27.3.2012 [Viitattu 1.1.2015].  
Saataavissa: [https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf)
- [3] Hietanen, J. 2005. Tietomallit ja rakennusten suunnittelu: Filosofinen selvitys tietojen ja viestintätekniikan mahdollisuuksista. Helsinki. Rakennustieto. 95 s.
- [4] BIM lesson 8- Preliminary schedule [WWW], 14.8.2015 [viitattu 4.1.2015]  
Saataavissa: [https://teklastructures.support.tekla.com/video-tutorials/en/bim\\_lesson\\_-\\_preliminary\\_schedule](https://teklastructures.support.tekla.com/video-tutorials/en/bim_lesson_-_preliminary_schedule), viitattu 1.1.2016
- [5] Kautto, T. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 5. Rakennesuunnittelu [WWW]. COBIM-hankkeen osapuolet. 27.3.2012 [Viitattu 1.1.2015].  
Saataavissa: [https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012\\_osa\\_5\\_rak.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_5_rak.pdf)
- [6] Kulusjärvi H. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 6. Laadunvarmistus [WWW] COBIM-hankkeen osapuolet. 27.3.2012 [Viitattu 1.1.2015].  
Saataavissa: [https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012\\_osa\\_6\\_laadunvarmistus.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_6_laadunvarmistus.pdf)
- [7] Tekla News iPad ja iPhone mukaan BIM-työnkulkuun [WWW] 20.6.2013 [viitattu 6.1.2015]  
Saataavissa: <http://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/uutiset/ipad-ja-iphone-mukaan-bim-ty%C3%B6nkulkuun>
- [8] Romo, I. Varis M. 2004. PRO IT. Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa: Perusteet ja ohjeita I 29.09.2004. [WWW]. Syyskuu 2004. [Viitattu 10.1.2016]  
Saataavissa: [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_rakennesuunnitteluohje\\_syyskuu2004.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_rakennesuunnitteluohje_syyskuu2004.pdf)
- [9] Niemioja S. 2005. Arkkitehdin tuotemallisuunnittelu: Yleiset perusteet ja ohjeita 3.painos [WWW]. Elokuu 2005 [viitattu 6.1.2015]  
Saataavissa: [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_tuotemalliohje\\_ark\\_elokuu2005.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_tuotemalliohje_ark_elokuu2005.pdf)
- [10] Penttilä H. Nykyaikainen suunnittelu ja rakentaminen: vuorovaikutusta kommunikointia ja uusia työmenetelmiä [WWW]. 18.10.2006 [viitattu 6.1.2015]  
Saataavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070702.pdf>

[11] Ashcraft H. 2009. Building Information Modeling: A Framework for Collaboration [WWW]. [Viitattu 8.1.2015]

Saatavissa: [http://www.zeidlerpartnership.com/ianfairlie/2011-05-15\\_Collaboration/BIM\\_A\\_Framework\\_for\\_Collaboration\\_by\\_Howard\\_Ashcraft.pdf](http://www.zeidlerpartnership.com/ianfairlie/2011-05-15_Collaboration/BIM_A_Framework_for_Collaboration_by_Howard_Ashcraft.pdf)

[12] Howell I, Batcheler, B. 2005. Building Information Modeling Two Years Later: Huge Potential, Some Success and Several Limitations [WWW] 15.1.2015

[13] Romo, I. Varis M. 2004. PRO IT. Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa: Perusteet ja ohjeita I 29.09.2004. [WWW]. Syyskuu 2004. [Viitattu 10.1.2016]

Saatavissa: [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset\\_tulokset/proit\\_rakennesuunnitteluohje\\_syyskuu2004.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/proit/julkiset_tulokset/proit_rakennesuunnitteluohje_syyskuu2004.pdf)

[14] Karjula M. Mäkelä E. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 11 Projektin johtaminen [WWW] COBIM-hankkeen osapuolet. 27.03.20 [Viitattu 10.1.2016]

Saatavissa: [https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012\\_osa\\_11\\_projektin\\_§johtaminen.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_11_projektin_§johtaminen.pdf)

[15] Tampereen kaupungin käynnissä olevat rakennushankkeet [WWW] [viitattu 12.1.2016]

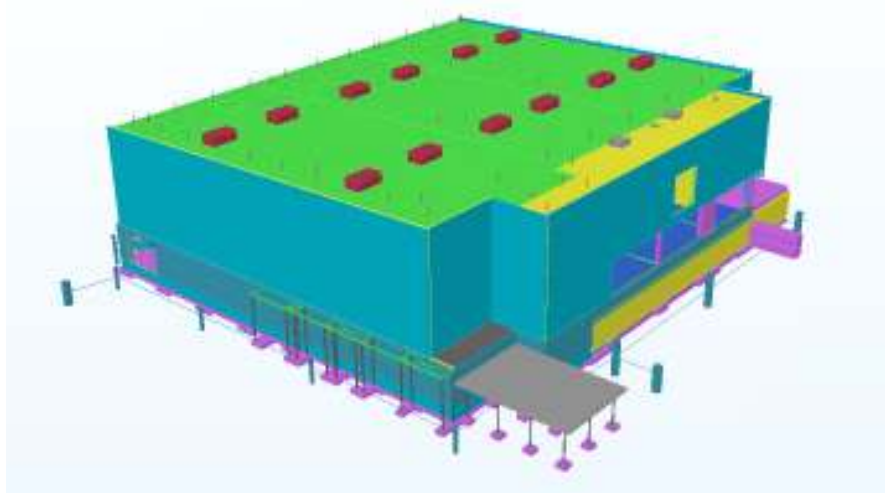
Saatavissa: <http://www.tampere.fi/tilakeskus/rakennuttaminen/kaynnissaolevatrakennushankkeet/tesomanpalloiluhallinrakentaminen.html>

## LIITTEET

### LIITE 1 TIETOMALLISELOSTUS

Tietomalliselostus	RAK-BIM
Havainnollistuskuva kohteesta	
Tietomalliselostuksen päiväys	
Muutospäiväys	
Yritys	
Tietomalliyhteyshenkilö	
Yhteyshenkilön sähköpostiosoite	
Yhteyshenkilön puhelinnumero	
Kohteen vastuullinen suunnittelija	
Kohteen projektipäällikkö	
Suunnittelukohde	
Suunnitteluvaihe	
Käytettävät ohjelmistot	
Lisätietoja, huomioita yms.	

Yleiskuvaus mallinnusperiaatteista	
Nimikkeistöt/käytettävät kuvatasot	Tarvittaessa erillisen, projektikohtaisen liitteen mukaisesti
Mallinnuksen mittayksikkö	mm
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen
Mallin tarkkuus	COBIM 2011 , Osan 5, Liitteen 1 mukainen
Poikkeukset tarkkuustasosta:	1.
Mallin tietosisältö	Kansallisen Tietomallivaatimukset Osan 5, Liitteen 1 mukainen
Poikkeukset tietosisällöstä	1.
Valmiusaste	1.
Muuta huomiotavaa	1.

**Tietomalliselostus****RAK-BIM****Tesoman palloiluhalli**

Tietomalliselostuksen päiväys	26.8.2015
Muutos	
Tietomalliyhteyshenkilö	Jari Hassinen <a href="mailto:jari.hassinen@jonecon.fi">jari.hassinen@jonecon.fi</a>
Vastaava suunnittelija	Jari Karhe <a href="mailto:jari.karhe@jonecon.fi">jari.karhe@jonecon.fi</a>
Käytettävät ohjelmistot	Tekla Structures 20.1, IFC 2x3
Lisätietoja	

<b>Yleiskuvaus</b>	
Mallinnuksen mittayksikkö	mm
Origo (x,y,z)	ARK-mallin mukainen. Alimman maanpäällisen lattiakoroon tasoon on mallinnettu kohdistuspilari ARK-mallin mukaan. Alimman kerroksen lattia tasolla +122.000.
Mallin tarkkuus	
- poikkeamat tarkkuustasosta	
Mallin tietosisältö	Malli vastaa geometrialtaan suunniteltua.
- poikkeamat tietosisällöstä	Rakennusosien materiaali- ja tyyppitiedot voivat poiketa muista suunnitelmista.
Valmiusaste	
Muuta huomioitavaa	Tietomalli ei sisällä kerrostietoa. Mallinnuksessa on käytetty vaiheita (Phase)

# LIITE 2 TIETOMALLISELOSTUS TESOMAN PALLOILUHALLI



Takojankatu 2 A 9 33540 TAMPERE Puh. 03 - 3141 8200 Fax 03 - 3141 8210  
 Ilmalankuja 2 H 00240 HELSINKI Puh. 09 - 3455 177 Fax 09 - 3455 177  
 Sähköposti: etunimi.sukunimi@jonecon.fi Internet: www.jonecon.fi

SKOL RY:n jäsenoimisto

Ly: 0789636-4


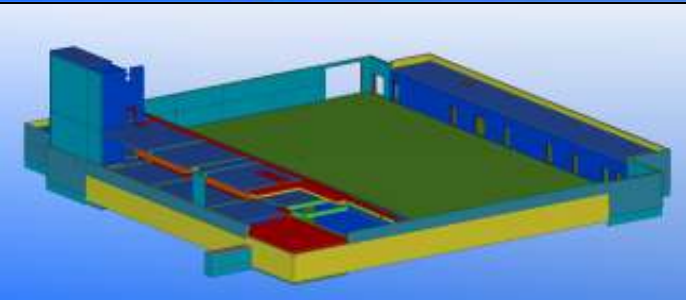
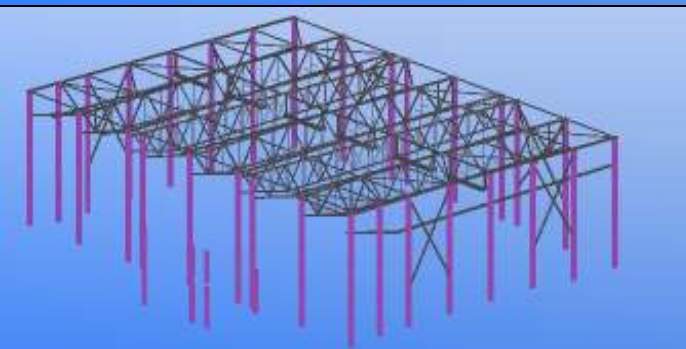
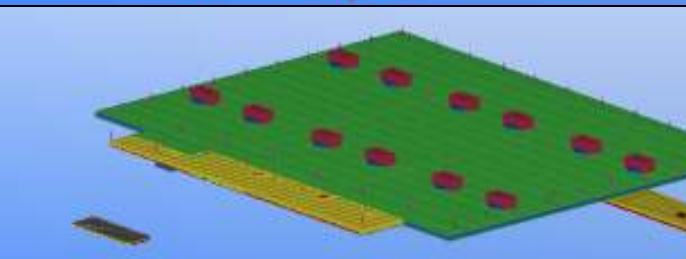
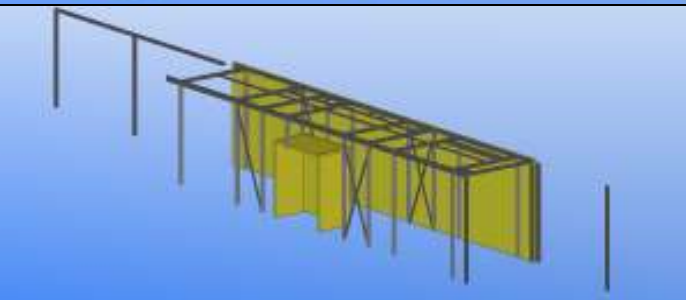
## MALLIN JÄSENTELY Rakennusosien mukaan

Rakennusosa	Nimi	Prefix
Anturat	ANTURA	A
Pilarianturat	PILARIANTURA	A
Sokkelit	SOKKELI	ANS/AN
AP-lattialaatta	MAANVARAINENLAATTA	PV-ML
Maanpaineseinät	SISÄKUORI	SK
Eristeet	ERISTE	ELE
Ruutuelementit	RUUTUELEMENTTI	S/R
Nauhaelementit	NAUHAELEMENTTI	N
Paroc-elementit	PAROC PANEL IS	PSW
Portaat	STAIR	ST
Väliseinät (paikallavalu/elementti)	PAIKALLAVALUVÄLISEINÄ VÄLISEINÄ	CP-V/V
Ontelolaatat	ONTELOLAATTA	OL
Paikallavalut	PAIKALLAVALU	PV-L
Deltapalkit	DELTA_PALKKI	D
TB-pilarit	PILARI	P
Teräspilarit	PILARI	TPI
Teräsristikko	RISTIKKO	TRI
Päätypalkki	PÄÄTYPALKKI	BPP
Väestönsuojan seinä	VSS SEINÄ	VSSW
-lattia	VSS LATTIA	VSSS
-holvi	VSS HOLVI	VSSL
Jäykisteristikko	JÄYKISTERISTIKKO	TJR
-Katon jäykisteet	JÄYKISTEOSA	TJO
-Seinän jäykisteet	JÄYKISTEOSA	TSA
Salaojat	SALAOJAPUTKI	MSP
Tarkastuskaivot	TARKASTUSKAIVO*/ TARKASTUSPUTKI	TK
Perusvesikaivo	PERUSVESIKAIVO	PVK
Savunpoistoluukku	SAVUNPOISTOLUUKKU	PSP
Radonputket	RADONIMUKANAVA RADONKOKOOJAKANAVA	MRP

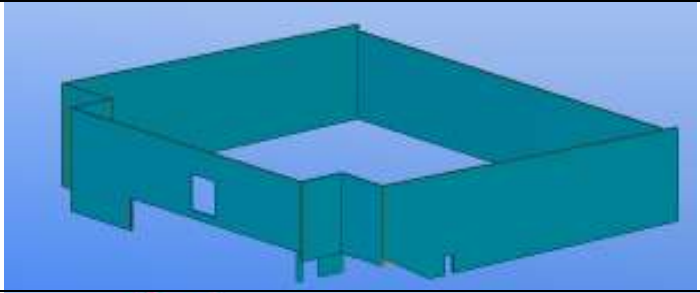
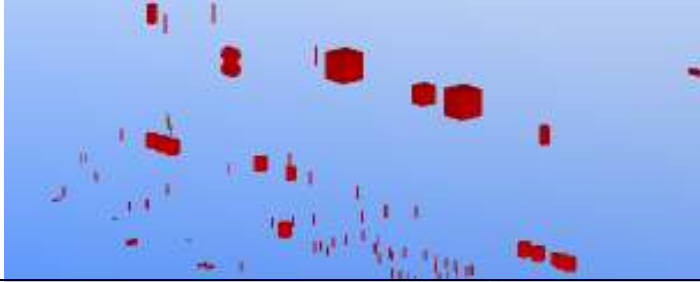
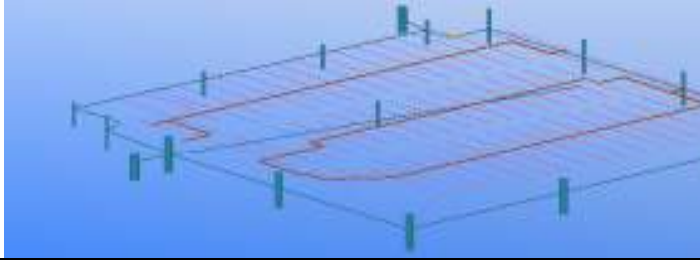
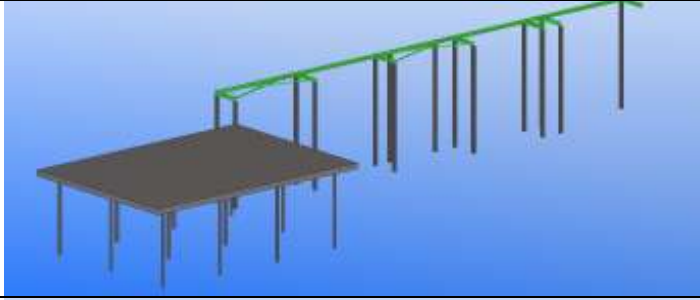
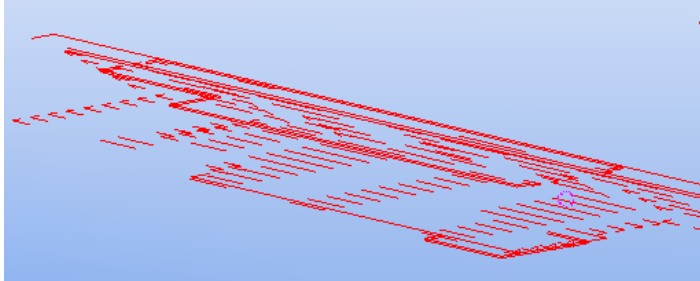
Huomioithan, että tietomallin luovuttaminen kolmannelle osapuolelle ilman luovutussopimusta on kiellettyä.

# LIITE 2 TIETOMALLISELOSTUS TESOMAN PALLOILUHALLI

## MALLIN JÄSENTELY Vaiheiden mukaan (karkea raja)

Vaihe (Phase)	Nimi/ kuvaus	Kuva
1	Perustukset -Anturat	
2	Seinät ja laatat -kantavat ja ei kantavat betoniseinät -ontelo- massiivi- ja paikallavalu-laatat -deltapalkit	
3	Pilari-ristikkorunko -TB-pilarit -Pääristikot ja niihin liittyvät teräs rakenteet	
4	Vesikattorakenteet -Kattoelementit -Kattopellit -Kattotuotteet	
5	IVKH -IVKH-kerroksen teräsrakenteet -IVKH:n eristetty väliseinä	

## LIITE 2 TIETOMALLISELOSTUS TESOMAN PALLOILUHALLI

6	Paroc-elementit	
7	Reiät	
8	Salaojat ja Radon-putkistot ja kaivot	
9	Katosrakenteet -Ei anturoita! -katokset erillisten dwg-suunnitelmien mukaan	
12	Sauma ja rengasteräkset -ainoastaan ontelolaatastojen osalta	
13	Märkätilat -Märkätilan seinät ja lattiapinta-alat (ei kallistuksia)	